



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets³ : G10H 1/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 84/ 03165 (43) Date de publication internationale: 16 août 1984 (16.08.84)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR84/00030 (22) Date de dépôt international: 9 février 1984 (09.02.84) (31) Numéro de la demande prioritaire: 83/02122 (32) Date de priorité: 10 février 1983 (10.02.83) (33) Pays de priorité: FR (71)(72) Déposant et inventeur: STERNHEIMER, Joël [FR/FR]; 46, rue de la Montagne Sainte Geneviève, F-75005 Paris (FR). (74) Mandataires: ORES, Irène etc.; Cabinet Ores, 6, avenue de Messine, F-75008 Paris (FR). (81) Etats désignés: AT (brevet européen), BE (brevet européen), CH (brevet européen), DE (brevet européen), FR (brevet européen), GB (brevet européen), JP, LU (brevet européen), NL (brevet européen), SE (brevet européen), SU, US.		Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si de telles modifications sont reçues.</i>
(54) Title: METHOD FOR THE MUSICAL MODELLING OF ELEMENTAL PARTICLES AND APPLICATIONS (54) Titre: PROCÉDE DE MODELISATION MUSICALE DES PARTICULES ELEMENTAIRES ET APPLICATIONS (57) Abstract <p>The method for the acoustic modelling of elemental particles comprises the representation of vibrations associated to particles according to the formula $mc^2 = hv$, by acoustic vibrations, by digitally transposing their frequency, measured in Hertz, of 68 octaves downwardly, the frequency obtained being taken as the fundamental of a periodic acoustic vibration including a small number of harmonics, the transposition being practically carried out by dividing the masses of particles expressed in MeV by 1.22066 and eventually by 2^n, wherein n is a small relative integer so as to obtain an audible frequency. Application to industrial nuclear fusion.</p> <div data-bbox="643 1251 1450 1602"> </div>		
(57) Abrégé <p>Procédé de modélisation acoustique des particules élémentaires. Procédé de modélisation des particules élémentaires, qui consiste à représenter les vibrations associées aux particules selon la formule $mc^2 = hv$, par des vibrations acoustiques, en transposant numériquement leur fréquence mesurée en Hertz de 68 octaves vers le bas, la fréquence obtenue étant prise comme fondamentale d'une vibration acoustique périodique incluant un petit nombre d'harmoniques, la transposition pouvant être réalisée pratiquement en divisant les masses des particules exprimées en MeV par 1,22066 et éventuellement par 2^n, où n est un petit nombre entier relatif, de manière à aboutir à une fréquence audible. Application à la fusion nucléaire industrielle.</p>		

UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AT	Autriche	KR	République de Corée
AU	Australie	LI	Liechtenstein
BE	Belgique	LK	Sri Lanka
BG	Bulgarie	LU	Luxembourg
BR	Brésil	MC	Monaco
CF	République Centrafricaine	MG	Madagascar
CG	Congo	MR	Mauritanie
CH	Suisse	MW	Malawi
CM	Cameroun	NL	Pays-Bas
DE	Allemagne, République fédérale d'	NO	Norvège
DK	Danemark	RO	Roumanie
FI	Finlande	SD	Soudan
FR	France	SE	Suède
GA	Gabon	SN	Sénégal
GB	Royaume-Uni	SU	Union soviétique
HU	Hongrie	TD	Tchad
JP	Japon	TG	Togo
KP	République populaire démocratique de Corée	US	Etats-Unis d'Amérique

Procédé de modelisation musicale des particules
élémentaires et applications.

La présente invention est relative aux applications musicales, scientifiques et industrielles d'une découverte et d'un travail effectués par l'Inventeur concernant les propriétés "musicales" que présentent les particules élémentaires, et notamment à un procédé de modélisation des particules, basé sur ces propriétés et qui consiste à représenter les particules et leurs propriétés par des sons musicaux et une organisation de ces sons. Ce procédé comprend l'élaboration d'une gamme correspondant à la distribution fine des fréquences propres de toutes les particules élémentaires, et réalisant également une synthèse des gammes musicales en usage dans les divers pays d'Occident et d'Orient ; l'élaboration d'un mode de représentation des particules en nombre, correspondant à la distribution globale des fréquences propres de ces particules et permettant notamment d'en caractériser une "orchestration" équilibrée, également utilisable comme mode de représentation des oeuvres musicales mettant en évidence leurs caractéristiques globales ; et divers moyens liés aux propriétés de fusion, de composition et de désinté-



gration des particules, également transposables sous forme musicale. Ce procédé de modélisation des particules peut être mis en oeuvre, conformément à la présente invention, à l'aide d'instruments de musique et d'instruments acoustiques
5 basés sur ces gammes, mode de représentation et moyens, et s'applique notamment à l'enseignement des propriétés des particules, à la recherche concernant celles-ci et au développement de procédés dans lesquels les propriétés musicales des particules jouent un rôle ; et en particulier au dévelop-
10 pement d'un procédé de fusion nucléaire utilisant des particules en accord tempéré, basé sur la propriété qu'ont de telles particules, convenablement orchestrées, de former des composés relativement stables, ceci permettant de résoudre les problèmes d'échelle (et de bilan entropique) posés par
15 la fusion, et de la réaliser ainsi à des conditions relativement économiques aux fins de production industrielle d'énergie. Bien entendu, les instruments, gamme, mode de représentation et moyens élaborés conformément à la présente invention ont également des applications simplement musicales,
20 tant au plan de la composition (permettant d'élaborer une "musique tonale de microintervalles", incluant des accords riches en harmoniques ; de moduler le timbre en fonction de la mélodie ; et d'équilibrer des orchestrations) qu'au plan instrumental (comme la détermination du timbre d'un instrument
25 devant interpréter une mélodie donnée).

Les théories en vigueur visant à décrire les particules élémentaires, dont notre univers et nous-mêmes sommes constitués au niveau le plus fin, sont en effet très incomplètes. Ainsi que le souligne le physicien américain Richard FEYNMAN
30 ("La nature de la physique", p. 289, Le Seuil 1980) :
"d'abord, il y a les masses des particules. Les théories de jauge... nous fournissent de très beaux modèles pour les interactions, mais pas pour les masses correspondantes ; il nous faut absolument comprendre cet ensemble de nombres complète-



ment irréguliers". Un certain nombre de relations empiriques
avaient cependant été relevées entre les masses des parti-
cules (notamment par T. TAKABAYASI au Japon et R. M. STERNHEIMER,
ainsi que J. SCHWINGER, aux U.S.A.), quoique n'entrant pas
5 dans le cadre de ces modèles, dont de leur côté D. BOHM en
Angleterre, M. FLATO et D. STERNHEIMER en France notamment
avaient mis en évidence des insuffisances théoriques, et
élaboré quelques éléments d'un cadre mathématique en vue d'y
répondre. La situation était bien résumée lors d'un colloque
10 récent sur les particules, où le physicien autrichien
PIETSCHMANN exprimait en conclusion (Acta Physica Austriaca,
Suppl. XXI, p. 716, Springer-Verlag 1979) son sentiment que
ces modèles sont "de façon analogue au modèle de BOHR pour
l'atome, un premier compromis... Avant 1990 ou bien il y aura
15 une nouveauté extraordinaire, ou bien la physique va devenir
très ennuyeuse".

La découverte scientifique dont l'Inventeur est
l'Auteur, et qui est à la base de la présente invention, peut
se résumer comme établissant que les particules ont des pro-
20 priétés musicales du fait de leur aspect vibratoire. Cet
aspect, qui avait été suggéré théoriquement par Louis de
Broglie en 1923 précisément pour expliquer le modèle atomique
de Bohr, puis mis en évidence quelques années plus tard,
conduit à attribuer à toute particule une fréquence propre
25 de vibration proportionnelle à sa masse au repos. Louis de
Broglie avait été amené à cette notion en essayant de décrire
les quanta de façon relativiste, l'amenant à rapprocher la
relation quantique entre énergie et fréquence, et la relation
relativiste entre masse et énergie. Cependant, la causalité
30 impliquant, outre l'invariance relativiste, l'invariance
d'échelle, la considération de cette invariance conduit, ainsi
que l'a développé l'Inventeur, à des conséquences supplémen-
taires, et à des relations entre les masses des différentes
particules existantes, telles que leur répartition sur une
35 même suite exponentielle. D'autre part, la causalité implique



encore la non-séparabilité, propriété qu'une vibration sonore, par exemple, peut modéliser de façon suggestive.

Ces deux propriétés se trouvent ainsi conjointement réalisées par la répartition des masses ou fréquences propres
5 des particules selon une gamme musicale tempérée.

Le fait nouveau apporté par l'Inventeur est l'observation, que précisément, les masses des particules stables vis-à-vis des interactions fortes et électromagnétiques se répartissent suivant une gamme en usage dans la musique occidentale, la gamme chromatique tempérée, consistant à diviser
10 l'octave (c'est-à-dire l'intervalle séparant deux fréquences de vibration, ou deux masses, dont l'une est le double de l'autre) en 12 parties égales, en d'autres termes telle que le rapport entre deux fréquences successives est constant =
15 $2^{1/12}$; les masses de l'ensemble des particules, y compris les "résonances" très instables, se répartissent en suivant une "gamme" plus fine, consistant en une subdivision de la gamme précédente en "microintervalles" inégaux, et qui se trouve en fait répondre, ainsi que cela sera mis en évidence
20 dans ce qui va suivre, au problème de concevoir une gamme musicale adaptée à la fois aux musiques orientales et occidentales.

En addition, il existe un lien entre consonance musicale et stabilité des particules, que traduit la répartition
25 décrite ci-dessus (cf. figure 1a des dessins annexés), et qui se manifeste à plusieurs niveaux ; d'une part la stabilité des particules est corrélée avec leur consonance relativement au proton et aux particules les plus stables (la musique des particules est essentiellement tonale, ceci se manifestant notamment par la présence statistique sur l'ensemble
30 des particules d'une gamme à base 2) ; les fréquences des particules forment avec celles de leurs modes de désintégration successifs, des accords (octaves, quinte, quarte, tierce majeure ou mineure...), dont la consonance est corrélée avec
35 leur stabilité ; il existe enfin des indications expérimentales



tales et théoriques selon lesquelles la stabilité globale des associations dynamiques de particules en "noyaux" est corrélée avec leur appartenance à une même gamme tempérée : ainsi, les protons et neutrons, en interaction constante dans les noyaux
5 de matière ordinaire en échangeant des pions (mésons π) forment avec ceux-ci une tierce mineure tempérée, et l'invariance de cette propriété par transposition d'échelle suggère qu'elle est vraie de façon générale.

Si l'on réalise un histogramme des particules en
10 portant en abscisse leurs masses réduites modulo $2^{1/12}$ multiplicativement (soit $1/2$ ton) autour de la masse de l'une d'elles (le pion par exemple) et en ordonnée le nombre de particules comprises dans un intervalle de $1/80^{\text{e}}$ de ton ($2^{1/480}$), pondérées en tenant compte de leur stabilité,
15 c'est-à-dire représentées soit par un carré de largeur $2^{1/480}$, soit par un rectangle de même surface et de largeur moitié (pour les plus stables) ou double (pour les moins stables ou connues avec insuffisamment de précision), on obtient le diagramme représenté à la figure 1a, consistant
20 en une répartition très significative, en six groupements de particules harmonieusement disposés.

Une étude comparative, menée sur ordinateur, confirme que cette répartition (de probabilité $\sim 10^{-12}$) est la meilleure possible (de très loin, d'autres en constituant
25 des "échos", tandis qu'en général, en faisant varier la base, c'est-à-dire en la prenant autre que $2^{1/12}$, on obtient une répartition chaotique) ; cette étude donne la meilleure base comme étant $1,05946 \pm 0,00001$ ($2^{1/12} = 1,059463...$), montrant la correspondance entre les particules et la gamme
30 chromatique tempérée; laquelle doit être elle-même subdivisée en six intervalles inégaux, cette subdivision incluant en fait les particules instables : les particules stables vis-à-vis des interactions fortes et électromagnétiques se groupent sur les trois lignes d, e et f, les constituants de
35 la matière ordinaire sur les deux lignes prépondérantes d et e



(qui sont proches d'un seizième de ton environ), et ceux du noyau sont sur la ligne e, c'est-à-dire en accord précis suivant la gamme tempérée. (C'est en tenant compte de ces groupements suivant la stabilité, que l'on calcule la probabilité de 10^{-12}). En outre, les particules situées dans une même chaîne de désintégration d'une particule donnée forment un accord dont la consonance est corrélée avec la stabilité de cette particule.

Les différentes lignes observées correspondent à peu près aux harmoniques d'ordre 5, 7 et 11 (et leurs inverses) qui s'écartent quelque peu de la gamme tempérée, et que l'on peut approcher par une gamme $2^{1/72}$ (les écarts par rapport à la gamme tempérée des accords construits sur les douze premiers harmoniques sont représentés sur la figure 1b) ; avec cependant un léger écart par rapport à ces harmoniques impliquant des harmoniques d'ordre supérieur (que l'on peut décrire par une gamme $2^{1/288}$) : la corrélation entre les figures 1a (particules expérimentales) et 1b (douze premiers harmoniques) est de $0,79 \pm 0,12$, l'écart à l'unité provenant en particulier de la différence entre la ligne b et l'harmonique 11. Ces phénomènes ont notamment pour origine la présence de la gamme à base 2, qui a pour effet d'accentuer, par rapport aux autres, les harmoniques voisins des octaves successifs de la fréquence de base, et ainsi en particulier les harmoniques 4, 15 et (29 à) 31 respectivement par rapport aux harmoniques 3, 5 et 11 qui en sont proches sur la figure 1b ; d'où un rétrécissement de la ligne e, un déplacement de la ligne d vers la droite et de la ligne b vers la gauche (en même temps qu'une remontée de la ligne a), ainsi qu'on l'observe sur la figure 1a. Cette gamme à base 2 - dont l'effet sur les harmoniques est celui d'un "formant" correspondant au son "aum" chanté sur un la grave - correspond acoustiquement à "l'oreille absolue" (cf. G. R. LOCKHEAD et R. BYRD, "Practically perfect pitch", J. ACOUST Soc. Am. 70 (2), p. 387, 1981). Et de fait, la répartition de la figure 1a correspond aux



fréquences effectivement utilisées par les musiciens de différents pays. La figure 1 montre la correspondance entre (a) la répartition des fréquences propres des particules, (b) les intervalles de la gamme harmonique (de ZARLIN) utilisée en Occident, (c) les fréquences des "vosta" et "zaïd" persanes telles que les rapporte M. BARKECHLI ("La musique iranienne" dans Histoire de la musique, Encyclopédie de la Pléiade, Gallimard Paris 1960, pp. 460 et suivantes), (d) les intervalles de la gamme chinoise, attribuée au roi WEN des Tcheou, (cf. M. GRANET, "La Pensée chinoise", Ed. Albin Michel, les fréquences étant rapportées à la note la plus basse), tous ces fréquences et intervalles étant encore rapportés à la gamme tempérée, c'est-à-dire modulo $2^{1/12}$. La correspondance devient remarquable. L'emploi de certaines de ces notes correspond au fait que, au-delà des notes de la gamme diatonique basée sur les premiers harmoniques, et des notes les complétant (dièses et bémols) dans la gamme chromatique, les musiciens voulant de même faire intervenir par exemple des notes intermédiaires entre mi et fa ou entre si et do prennent le milieu, sur l'instrument, des positions des doigts correspondantes, les situant sur la ligne b (harmonique 31), plutôt que sur l'harmonique 11 (lequel est voisin du quart de ton) ; ainsi procèdent les violonistes irlandais interprétant des mélodies à l'unisson, et les ligatures des instruments iraniens, partant du même principe quoique d'autres notes (en prenant par exemple le milieu entre le ré et le mi pythagoriciens, puis le milieu entre le do et ce milieu : "vosta" et "zaïd" V_2 et Z_2), aboutissant de même un peu au-dessous du quart de ton (modulo $2^{1/12}$), évitant de ce fait le maximum de dissonance ($3/4$ de ton, soit un quart de ton modulo $2^{1/12}$, pour les registres des instruments usuels).

Cette pratique musicale trouve ainsi sa justification dans "l'oreille absolue" de nombre de musiciens.

Dans le but d'arriver alors à déterminer pour les particules les "poids" relatifs des différentes gammes exponen-



tielles, l'Inventeur a été amené à étudier un problème connexe, où ces différents "poids" interviennent, à savoir la répartition globale des particules dans l'échelle des masses. Le résultat, qui est représenté sur la figure 2a, correspond à une somme de distributions normales multipliées par une fonction périodique de période $\alpha = \text{Log}2/N$ ($N = 1, 12, \dots$) dans l'échelle (des logarithmes des masses), la variance de la distribution normale correspondant à N étant α , ce pour quoi l'Inventeur a pu donner des éléments de preuve ;

le rapport des "poids" est alors celui des écarts-types ($\sqrt{\alpha}$) pour N petit. On observe la distribution normale correspondant à $N = 12$, centrée sur Ω , avec deux "pics" situés à peu près un ton au-dessus de l'octave inférieure (venant de la distribution normale multipliée par la fonction périodique de base 2, soit $N = 1$, apparemment centrée sur le proton) et supérieure, avec le rapport $\sqrt{12}$ pour leurs amplitudes. On a, pour ce faire, fait un histogramme de l'ensemble des particules avec un "pas de $2^{1/4}$ (soit une tierce mineure). De manière fort remarquable, l'étude analogue faite sur l'ensemble des notes d'une oeuvre musicale donne des résultats du même type. La figure 2 montre ainsi la correspondance entre (a) la répartition des fréquences propres des particules, - comparée à la répartition théorique (en trait plein, cf. b) ainsi qu'à la prédiction de la "thermodynamique des interactions fortes", en pointillé -, (b) la courbe d'équation :

$$(1) P(q) \sim \left[e^{-6q^2/\text{Log}^2} + \frac{1}{\sqrt{12}} e^{-q^2/2\text{Log}^2} \cos^2(\pi q/\text{Log}2) \right] \cos^2(12\pi q/\text{Log}2)$$

dont l'enveloppe (terme entre crochets) est reportée en (a), (c) et (d), - la partie périodique (le $\cos^2(12\pi q/\text{Log}2)$) devant être, en toute exactitude, remplacée par une fonction périodique dont la figure la représente une période si l'on veut inclure les gammes d'ordre plus élevé-, (c) la répartition des notes des premières mesures de la Chaconne de BACH (dont "les notes claires sont comme un vent frais déchirant



le brouillard et faisant apparaître les structures nettes qu'il cachait derrière lui" selon HEISENBERG), et (d) la répartition des notes des 128 premières mesures de la Symphonie n°40 de MOZART (à propos de qui EINSTEIN disait qu'"il n'avait pas créé sa musique, mais qu'il l'avait découverte"). Si l'accord est excellent entre l'enveloppe de (b) et la répartition (a), leur similitude avec l'allure des répartitions (c) et (d) n'en est pas moins remarquable, tout en mettant en évidence des différences propres aux oeuvres et aux compositeurs : ainsi (c) est assez symétrique, mais centré sur la relative de la tonique, (la plupart des mélodies ont leur maximum simplement sur la tonique) tandis que (d), légèrement dissymétrique, est centré sur la dominante (quinte de la tonique). De même l'Hymne à la Joie de BEETHOVEN est centré sur la tierce, la Troisième Gnosienne de SATIE présente des pics sur la relative (un ton au-dessus de la dominante) ainsi qu'un creux dans la répartition (une demi-octave sans note - cette pièce est d'ailleurs annotée "de manière à obtenir un creux" par son auteur) ; ou encore, l'andante de la Symphonie n° 103 de HAYDN a son maximum sur la dominante de cet andante, excentré par rapport à l'ensemble, le centre de la répartition étant sur le ton de la Symphonie, différent de celui de l'andante, faisant ainsi apparaître que ce morceau était extrait d'une oeuvre de tonalité différente.

Ce mode de représentation (la comparaison de la répartition des fréquences avec la courbe 2b) fournit ainsi des renseignements sur l'allure harmonique et mélodique de la musique des particules : l'essentiel des particules laissant une trace visible dans une chambre à bulles (vivant au moins 10^{-12} s) procèdent d'une tonalité de la mineur (le Λ est un λ_{72}), dont Ω^- est la dominante : si ces particules suivent la gamme qu'introduisit BACH, la musique qu'elles jouent (centrée sur la dominante) est plus proche de MOZART, quelque peu mâtiné de SATIE (et n'hésitant pas, si l'on inclut les



particules instables, à employer des intervalles propres aux musiques orientales). Il est ainsi possible de déterminer si une "orchestration" de particules est équilibrée (notons d'après la figure 2a que notre univers ne paraît pas extrait
5 d'une oeuvre de tonalité différente)...

Par "musique des particules" nous entendons l'aspect vibratoire de la composition de la matière, qui ne se limite pas, d'ailleurs, aux notions évoquées ci-dessus. Ainsi la possibilité de désintégrations suivies de régénérations (dont
10 il sera question plus loin) implique un aspect "rythmique", c'est-à-dire la nécessité que les durées de vie des différentes particules soient commensurables. Les réactions impliquant des particules (ce que l'on peut voir en faisant un histogramme des "variations de masse" pour un suffisamment
15 grand nombre de réactions) possèdent comme les mélodies musicales une propriété d'invariance d'échelle, à savoir une densité spectrale en inverse de la fréquence, signifiant que les notes sont corrélées à celles qui précèdent sur toutes les échelles de temps (aspect "historique"). Notons encore
20 qu'à l'échelon supérieur, l'atome d'hydrogène accorde les longueurs d'onde de l'électron et du proton...

D'autre part, les sons musicaux ont d'autres propriétés qui les apparentent aux vibrations des particules. La décroissance temporelle de l'amplitude des sons émis par des
25 instruments acoustiques est exponentielle comme la désintégration d'un ensemble de particules identiques (ou la décroissance de la probabilité de vie d'une particule avec le temps) ; les sons peuvent "fusionner" à l'oreille (comme les harmoniques d'une note avec celle-ci), et la vérification récente
30 par E. COHEN ("The influence of non-harmonic partials on tone perception", Ph. D. THESIS, Stanford 1980, chapitre 3) du fait que la fusion (acoustique) de sons électroniques dont on peut modifier l'enveloppe temporelle est optimale pour une enveloppe exponentielle, confirme que la "fusion" acous-
35 tique pourrait modéliser celle des particules, comme l'indi-



quait déjà la consonance des fréquences des particules composantes comme critère de cette dernière ; les calculs et expériences de G. WEINREICH ("Coupled piano strings", Journal of the Acoustical Society of America, vol. 62, p. 1474, 1977),
5 montrant l'influence des accords proches de l'unisson (et donc, pour des sons harmoniques, ou composés, l'influence de la consonance, correspondant à la présence d'harmoniques ou de composants proches de l'unisson) sur la durée de même que sur l'amplitude des vibrations des cordes couplées d'un
10 piano, et ainsi le lien entre consonance et stabilité de ces vibrations, confirment encore ce point de vue, qui ne peut d'ailleurs qu'augmenter l'intérêt de ces expériences. D'autre part, une décroissance exponentielle de l'enveloppe des amplitudes des harmoniques en fonction de leur rang, telle
15 qu'on l'observe approximativement sur un piano, améliore la corrélation entre les figures 1a et 1b. Il faut en outre souligner la dépendance de la discrimination auditive des fréquences sur la durée des stimuli (les "relations d'incertitude" acoustiques) ; l'étendue du spectre des vibrations audibles, comparable à celui des particules aujourd'hui connues ;
20 ainsi que la possibilité pour des vibrations sonores, dont le caractère est d'emplir l'espace, de modéliser la non-séparabilité des particules dans l'espace.

La mise en évidence de ces propriétés a permis à l'inventeur de développer un certain nombre d'applications qui font l'objet de la présente invention, à savoir la réalisation de modèles acoustiques de particules sous la forme de sons musicaux, ces modèles étant aptes à permettre d'étudier et de représenter de façon simple de nombreuses propriétés
30 des particules et de la matière qu'elles composent ; la mise en oeuvre de ces modèles à l'aide d'instruments, conformes à l'invention, utilisant notamment une gamme musicale élaborée à partir de la répartition de la figure 1a ; le développement d'un nouveau procédé de fusion nucléaire,
35 résultant de ces propriétés. Bien entendu, les instruments



utilisés pour la modélisation acoustique des particules (y compris pour le développement dudit procédé) peuvent aussi recevoir des applications simplement musicales, qui constituent également un objet de la présente invention.

5 La présente invention a en conséquence pour objet un procédé de modélisation des particules élémentaires, qui consiste à représenter les vibrations associées aux particules selon la formule $mc^2 = hv$, par des vibrations acoustiques, en transposant numériquement leur fréquence mesurée en Herz de
10 68 octaves (plus ou moins un petit nombre entier, éventuellement) vers le bas, la fréquence obtenue étant prise comme fondamental d'une vibration acoustique périodique incluant un petit nombre d'harmoniques (dont l'amplitude décroît de façon monotone excepté des "pics" aux octaves successifs du
15 fondamental), la transposition pouvant être réalisée pratiquement en divisant les masses des particules exprimées en MeV ($1 \text{ MeV} = (1/1,22066) \times 2^{68} \text{ Hz}$) par 1,22066 (soit environ $11/9$) et éventuellement par 2^n , où n est un petit nombre entier relatif, de manière à aboutir à une fréquence audible
20 (exprimée en Hz).

Ainsi, le proton (particule la plus stable sensible à la force nucléaire forte, de masse 938,28 MeV) correspond (modulo 68 octaves) à un sol 768,67, octave du sol 384 (qui fut proposé en 1950 comme "ton de base" pour accorder les
25 instruments, à l'Académie des Sciences) ; ainsi, si on le prend comme sol bémol, il est possible à l'aide d'un piano ordinaire ou de tout instrument accordé en gamme tempérée, de modéliser les particules stables et celles qui sont en accord tempéré avec elles (lignes d, e, f, de la figure la
30 essentiellement) avec la précision usuelle de la gamme tempérée vis-à-vis des accords de la gamme harmonique.

A titre d'exemple, la particule relativement stable Ω^- forme avec ses produits de désintégration successifs, soit $\Omega^- \rightarrow \Xi \pi$, $\Xi \rightarrow \Lambda \pi$ un la mineur, dont elle est la dominante, et
35 que $\Lambda \rightarrow N \pi$ complète en la sixième ; tandis que pour la parti-



culé relativement instable Σ^0 , $\Sigma^0 + \Lambda \gamma$ suivi de $\Lambda + N \pi$ forme un accord dissonnant. Ω^- se trouve juste au milieu du piano (sur 342 Hz), modulo 70 octaves. La meilleure modélisation des particules consiste en fait dans une corde ou plutôt une
5 lame vibrante de quelques milligrammes (ou de l'ordre du centigramme) dont l'harmonique 2^{72} , pris sur une fréquence grave telle qu'un la aurait à la fois la fréquence, et approximativement la masse (fraction $1/2^{72}$ de la masse initiale) d'une
10 particule de l'ordre de 2 GeV : c'est-à-dire dans les cordes vocales. Le son "aum", dont les formants sont voisins des octaves successifs d'un la grave (ou entre la et do environ), est alors le son le plus proche, chanté par la voix humaine de la structure harmonique d'une particule.

Selon un mode de réalisation apte à assurer une
15 meilleure précision, permettant une modélisation également des particules très instables, les instruments correspondants doivent être accordés suivant une gamme plus fine, capable de différencier entre elles les différentes lignes de répartition des particules en fonction de leur masse.

20 En conséquence, la présente invention a, dans ce but, également pour objet une nouvelle gamme musicale, caractérisée par la subdivision du demi-ton chromatique tempéré en micro-intervalles inégaux de $1/12e$, $1/12e$, $1/24e$, $1/8e$, $5/48e$, et $1/16e$ de ton, reliant dans cet ordre chaque note de la
25 gamme chromatique à celle située un demi-ton plus haut.

En outre, le mode de représentation décrit plus haut permet de dégager les caractéristiques des "oeuvres" qu'il représente. En conséquence, la présente invention a également pour objet un mode de représentation des particules en
30 nombre, ainsi que des oeuvres musicales, consistant à comparer un histogramme de ces particules obtenu en portant en ordonnée le nombre de particules dont les fréquences propres sont comprises dans un même intervalle de $2^{1/4}$ (une tierce mineure tempérée) en fonction du logarithme des fréquences
35 propres de ces particules porté en abscisse, à la courbe d'équation



$$P(q) \sim e^{-6q^2/\text{Log}2} + (12)^{-1/2} e^{-q^2/\text{Log}2} \cos^2 (\pi q/\text{Log}2)$$

où q désigne l'échelle des logarithmes des masses (correspondant à une répartition stable), mettant en évidence, tant par la localisation du sommet de la courbe, qui fournit la dominante mélodique, que par les écarts par rapport à elle, les caractéristiques des "oeuvres" que ces particules peuvent composer, et permettant de les équilibrer; et de même pour les oeuvres musicales en remplaçant dans l'énoncé précédent les fréquences (ou masses) des particules par celles des notes, qui peuvent pour simplifier être comptabilisées par ligne de partition à la place de par tierce mineure.

La courbe obtenue par ce moyen étant liée à la structure harmonique, comme mesurant l'importance relative de la tierce, de la quinte... il est possible, à partir de sa comparaison avec la courbe d'équation ci-dessus, de déterminer au moins en partie la structure harmonique, élément du timbre, d'un instrument devant interpréter une oeuvre donnée, laquelle constitue en quelque sorte un "développement" de ce timbre. Inversement, il est possible pour un instrument donné, d'"équilibrer" une orchestration pour la rendre conforme à celle correspondant au timbre de l'instrument.

Deux types d'instruments peuvent être réalisés pour modéliser les particules à partir de cette gamme et de ces différentes dispositions : instruments électroniques et instruments acoustiques.

Un instrument électronique conforme à la présente invention est caractérisé par un clavier comprenant, en combinaison, une série de touches de piano et au moins une série de touches de calculatrice correspondant, d'une part à des sons différents de ceux des touches de piano, incluant des microintervalles correspondant en particulier aux différents harmoniques, permettant ainsi d'inclure dans le son des harmoniques d'ordre 7 ou plus pouvant donner lieu à des accords harmoniques exacts, et d'autre part et par commutation, à la programmation de la courbe-enveloppe temporelle du son et à



la programmation de la courbe-enveloppe des harmoniques représentée par l'amplitude des harmoniques en fonction de leur rang.

Conformément à une disposition particulièrement
5 avantageuse de cet instrument, le clavier inclut cinq séries ou lignes de touches, accordées comme les touches de piano en suivant une gamme chromatique tempérée, mais situées 1/12e de ton plus haut (correspondant à l'harmonique 5 inverse), 1/6e de ton plus haut (correspondant à l'harmonique 7 inverse),
10 7/24e de ton plus bas (correspondant approximativement à l'harmonique 11 et à son inverse, et plus exactement à l'harmonique 31), 1/6e de ton plus bas (correspondant à l'harmonique 5) respectivement (ci-après également dénommées f, a, b, c, d).

15 Naturellement, chacune de ces lignes de touches peut être programmée avec un "timbre" autonome, la courbe-enveloppe des harmoniques privilégiant l'harmonique correspondant.

Selon une autre disposition avantageuse, la structure harmonique du son (commun à toutes les lignes) est programmée
20 à l'aide de tirettes analogues à celles permettant de choisir le registre d'un orgue, ce qui permet de la visualiser.

Cet instrument électronique permet en particulier de déterminer avec précision les paramètres des deux courbes-enveloppe (temporelle - expérience de COHEN - et harmonique)
25 donnant lieu au meilleur degré de fusion, et de modéliser toutes les particules, et ainsi de réaliser de nombreuses expériences acoustiques ayant une relevance en physique des particules.

Selon une variante simplifiée de l'instrument électronique conforme à l'invention, celui-ci comporte une série
30 de touches de piano et seulement une (un tel instrument pouvant être désigné sous le nom "piano quart de ton"), ou deux ("piano tiers de ton") séries de touches de calculatrices pouvant être programmées, au choix, sur l'un quelconque des
35 "diapasons" situés plus haut ou plus bas que celui du piano,



précédemment décrits.

Selon une autre variante simplifiée de cet instrument, celui-ci comporte une série unique de six touches commandant un clavier de piano usuel de façon à pouvoir modifier sa hauteur (soit de façon permanente, soit seulement lorsqu'on appuie dessus), respectivement de $-7/24e$, $-1/6e$, $-1/16e$, 0 , $+1/12e$ et $+1/6e$ de ton (lignes b, c, d, e, f, a dans cet ordre), une telle combinaison étant suffisante pour une utilisation simplement mélodique des microintervalles.

Les deux variantes précédentes peuvent être combinées, c'est-à-dire que l'instrument électronique conforme à l'invention peut comporter 2 ou 3 séries de six touches commandant respectivement un clavier de piano usuel et une ou deux séries de touches accordées en gamme tempérée, de façon à pouvoir fixer leur hauteur.

D'autre part, l'instrument électronique peut également être utilisé de façon à programmer des mélodies, soit définies, soit assorties de certaines conditions devant être statistiquement remplies, telles les données des probabilités (rapports de branchement) de différents modes de désintégration d'une particule donnée. A titre d'exemple, les désintégrations purement leptoniques du lepton forment une mélodie non cadencée (fa, mi, la, bémol), tandis que la considération de ses désintégrations hadroniques vient rétablir la cadence (fa, la).

De même, le mode de désintégration principal de Ω^- , soit $\Omega^- \rightarrow \Lambda K^-$ (de rapport de branchement 68,6 %) est un la septième incomplet (la-mi-sol), auquel il manque la tierce (soit do pour un la septième mineur), qui est \bar{E} ; elle se trouve dans le mode $\Omega^- \rightarrow \bar{E} \pi$ (31,4 %), qui est un la mineur (complété en la mineur sixième avec N); pour rétablir la cadence un ré neuvième est utile, lequel se trouve dans le mode $\Omega^- \rightarrow \bar{E}^* \pi$ (0,2 %).

La calculatrice de l'instrument peut être encore utilisée pour déterminer des caractéristiques d'une "oeuvre" à



partir de la donnée des rapports de branchement déterminant une distribution en fréquences d'un ensemble de particules, par comparaison avec la courbe théorique, et pour déterminer, soit à partir d'une mélodie donnée, soit à partir de la répartition des notes correspondante (histogramme des notes par "pas" de tierce), la structure harmonique adéquate (timbre du son correspondant) par comparaison avec cette courbe. Par exemple, si la tierce "dépassé" alors que la quinte est en retrait, la structure harmonique accentuera d'autant l'harmonique 5 et diminuera le 3.

Enfin, les touches de calculatrice de l'instrument électronique peuvent également être utilisées pour programmer les fréquences correspondant aux différentes touches, en particulier sur un clavier simplifié (type piano quart de ton), permettant de modéliser les fréquences des différentes particules existantes (les particules stables disposées sur les touches de piano, les instables sur les quarts de ton), cette modélisation pouvant aussi être réalisée sur un instrument acoustique.

Si l'instrument électronique conforme à l'invention permet de déterminer les paramètres des deux courbes-enveloppes - temporelle et harmonique, comme indiqué ci-dessus -, par contre il ne permet pas une étude de la relation entre consonance et stabilité (telle que l'expérience de WEINREICH, par exemple), qui nécessite un instrument acoustique. Dans ce but, on peut utiliser six pianos, ou construire un instrument comprenant six claviers de piano superposés, accordés suivant des fréquences de tons déterminées (telles que celles représentées à la figure 3 annexée). Des instruments basés sur un tel principe mais utilisant une autre gamme que la gamme conforme à l'invention, ont été réalisés par MOURZINE au musée Scriabine à Moscou (gamme en douzième de tons égaux), par Janko (piano à six rangées de touches superposées en gamme $2^{1/41}$) et par FOKKER à Haarlem (orgue à onze claviers en tempérament tricésimoprimal).



On peut également utiliser une guitare ordinaire (ou une guitare à dix cordes, ce qui est encore mieux) en jouant "sur les harmoniques", c'est-à-dire en effleurant les cordes à une fraction $1/n$ de leur longueur pour jouer l'harmonique n ; on atteint ainsi facilement l'harmonique 5, assez facilement l'harmonique 7, un peu plus difficilement l'harmonique 11.

Les registres d'un orgue (qui, instrument à tuyaux sonores, ne contiendrait autrement que des harmoniques impairs) permettent de leur côté d'accentuer les harmoniques situés aux octaves successifs d'un fondamental. Un tel instrument peut ainsi être construit, accordé sur les fréquences des particules.

Enfin, la présente invention a pour objet tout instrument à sons fixes, en particulier un instrument à lames ou plaques vibrantes (le rapport 10^{20} entre les fréquences des particules et les fréquences musicales étant proche du carré du rapport des tailles correspondantes, ou en tout cas la dimension d'échelle étant de l'ordre de 1,4 pour un instrument moyen à 1,7 pour les cordes vocales) ou à tuyaux sonores construit selon la gamme de la présente invention. Le clavier décrit pour l'instrument électronique, en particulier, peut être utilisé pour commander mécaniquement mais par un jeu d'impulsions électriques, la vibration acoustique de lames ou cordes vibrantes très petites mais placées dans des caisses de résonance réglables, amplifiant le son tout en modulant sa structure harmonique.

Le but de l'étude sur la relation entre consonance et stabilité réalisée à l'aide de l'instrument acoustique conforme à l'invention, et en particulier pour les accords tempérés, qui sont transposables de multiples façons à une autre échelle, est - outre ses applications proprement musicales - sa relevance pour la fusion nucléaire.

La production économique d'énergie apparaît en effet comme un des problèmes de notre civilisation. Les sources d'énergie prélevées sur les ressources minières de la terre



sont non seulement limitées, mais leur rendement est assez faible et produit de nombreux déchets. Ce dernier point peut s'exprimer en disant que leur bilan entropique - qui mesure en gros le changement d'ordre du système - n'est pas satisfaisant :

5 elles font plus de bruit que de musique. Ainsi la fission nucléaire ajoute à l'augmentation d'entropie due à la transformation de matière en énergie, une autre augmentation d'entropie due à la perte d'organisation produite par la fission de noyaux complexes en noyaux plus petits ; alors que

10 la fusion, qui est le principe de production d'énergie dans le soleil, compense cette augmentation par la réorganisation de noyaux légers fusionnés en noyaux plus lourds. Si l'on peut dire, la fusion, contrairement à la fission, "fait le ménage" derrière elle ; mais alors que la fission se déclenche

15 à partir d'une masse relativement faible de produit fissile - quelques kilogrammes d'uranium ou de plutonium -, la maîtrise de la fusion se heurte à un problème d'échelle qui se traduit, soit par une température trop élevée pour les tentatives de fusion thermonucléaire usuelle, soit par des temps de

20 vie trop brefs pour les procédés du type "fusion froide" utilisant des particules comme catalyseurs. Les problèmes de bilan entropique subsistent en outre, se traduisant par la difficulté de réaliser un "bouclier". Pour donner une image, le soleil est bien trop gros pour que l'on en fabrique

25 un sur terre.

La découverte dont l'inventeur est l'auteur ouvre une possibilité de résoudre cette difficulté, en énonçant des critères, jusqu'ici non décelés, qui permettent aux particules de fusionner en noyaux, et qui consistent dans la

30 nécessité pour les fréquences propres de vibration de ces particules d'être en accord musical. Cette propriété ouvre une voie vers la réalisation de procédés de fusion à une échelle plus petite que celle des étoiles, et accessibles à la civilisation actuelle. En outre, elle entraîne la possi-

35 bilité d'effectuer les expériences de mise au point en modé-



lisation acoustique, à des coûts très modérés relativement à ceux des expériences sur les particules utilisant des accélérateurs atteignant quelques dizaines de kilomètres de diamètre.

5 Le "confinement", qui caractérise les tentatives contemporaines de réaliser la fusion, a pour but de reproduire les conditions extrêmes de température et de pression réalisées à l'intérieur des étoiles du fait de la gravitation, en confinant artificiellement la matière. Mais la gravitation
10 qui a cet effet à l'intérieur des étoiles, est, dans celles-ci, une manifestation concrète de la causalité, comme on peut le déduire de l'invariance des équations d'EINSTEIN (de la gravitation) sous les transformations du groupe causal (groupe de WEYL). On peut en conclure que son effet respecte
15 la causalité et réalise concrètement l'invariance d'échelle avec une bonne approximation, c'est-à-dire qu'interviennent dans les réactions nucléaires au coeur des étoiles, des particules transposées d'échelle des particules de matière ordinaire, telles que des particules lourdes figurant sur la
20 ligne (e) de la figure 1a, "orchestrées" de plus conformément à la répartition de la figure 2, laquelle découle également de la causalité (équation d'ondes invariante d'échelle). Le principe sur lequel est basé le procédé de fusion nucléaire conforme à la présente invention consiste donc à reproduire
25 directement l'effet de la causalité.

En effet, comme conséquence de la relation entre consonance et stabilité et de son invariance dans une transposition d'échelle, la consonance des particules situées sur une même ligne de la figure 1 permet de prévoir l'existence de
30 noyaux relativement stables formés à partir de ces particules, noyaux bien plus stables que leurs constituants eux-mêmes. On peut citer, à titre d'exemple, le noyau ordinaire où nucléons et pions interagissent constamment ($p \rightleftharpoons n + \pi^+$, $n \rightleftharpoons p + \pi^-$ essentiellement) et forment une tierce mineure tempérée,
35 à savoir $8 \pi^+ / N = 2^{1/4}$ (à quelque 10^{-5} près, soit bien différent d'une tierce harmonique), N désignant la masse moyenne

du nucléon = $1/2$ (p+n) ; ainsi le noyau d'hélium est stable, alors que certains de ses constituants (les neutrons) le sont beaucoup moins. De façon analogue, des calculs préliminaires suggèrent que des noyaux formés à partir de Ξ et de K^\pm , qui forment une quinte tempérée très précise, à savoir $4 K^\pm/\Xi = 2^{7/12}$ (à la précision de l'expérience, soit meilleure que 5.10^{-4} , alors que l'écart entre $2^{7/12}$ et $3/2$ - quinte harmonique - est plus de deux fois plus grand) pourraient s'autorégénérer, les kaons pouvant ici intervenir pour compenser les désintégrations $\Xi \rightarrow \Lambda \pi$ par des interactions fortes $\Lambda + K \rightarrow \Xi + \pi$ régénérant les Ξ .

D'autre part, les propriétés (citées plus haut) concernant la répartition des fréquences propres des particules dans l'échelle, et qui découlent de la causalité (équation d'ondes invariante d'échelle), fournissent des conditions supplémentaires : par exemple, la courbe de la figure 2a étant centrée sur Ω^- , une telle répartition peut être approchée à l'aide d'un faisceau énergétique de kaons dirigé sur des noyaux d'atomes légers, qui formera des hypernoyaux dont on peut prévoir une stabilité relative, la présence de particules charmées étant utile pour compléter l'"orchestration". Le mécanisme le plus simple ainsi concevable est celui de paires proton-omega moins, qui forment un noyau musicalement stable ($\Omega^-/p \sim 2^{10/12}$) et électriquement neutre; de tels noyaux peuvent être obtenus en dirigeant des kaons négatifs sur du deutérium. D'autres mécanismes un peu plus complexes peuvent alors "orchestrer" celui-ci.

La présente invention a donc également pour objet un procédé de fusion nucléaire, consistant à réaliser des réactions de fusion à partir de particules en accord tempéré, soit ajoutées, soit substituées aux noyaux de matière ordinaire, de façon à former des noyaux composés dont la répartition des fréquences propres des composants dans l'échelle soit conforme à la courbe d'équation (2)

$$P(q) \sim e^{-6q^2/\text{Log}2} + (12)^{-1/2} e^{-q^2/2\text{Log}2} \cos^2(\pi q/\text{Log}2)$$



$$X \cos^2(12\pi q/\text{Log}2 + \phi) \cos^2(72\pi q/\text{Log}2)$$

où ϕ est la phase définissant le choix de la ligne comprenant les particules (soit $\phi=0, -\pi/8, -\pi/3, +7\pi/12, +\pi/3, +\pi/6$), $\phi=0$ correspondant au nucléon ; alliant la stabilité à la possibilité de réaliser des transpositions d'échelle de la matière nucléaire qui constitue le coeur des étoiles.

L'appareillage nécessaire à la mise en oeuvre du procédé de fusion nucléaire conforme à l'invention, comprend le couplage d'un accélérateur, chargé de produire les particules destinées à participer à la fusion, telles que des kaons, et d'un réacteur de fusion proprement dit, où se forment les noyaux composés.

Du point de vue du bilan entropique, l'utilisation de particules consonantes et bien orchestrées optimise effectivement ce bilan.

Du point de vue du bilan énergétique, le critère de Lawson (qui conditionne le bilan énergétique de la réaction de fusion des particules en noyaux) et ici satisfait par la conjonction de l'effet de la consonance sur la stabilité et de la transposition d'échelle. Il est toutefois nécessaire de produire les particules en assez grand nombre ; néanmoins, ce procédé répond à l'objection manifeste que l'on peut faire aux tentatives de recréer, dans le but de susciter les réactions de fusion, les conditions de température et de pression présentes au coeur du soleil, à savoir les problèmes d'échelle qu'elles posent. Plutôt que de recréer ces conditions, le procédé en construit les effets, ce qui réalise une importante économie : soit on produit les particules destinées à fusionner, soit on produit des particules que l'on ajoute à des noyaux, permettant aux noyaux complétés de fusionner. On notera la simplicité de la solution que suggère la modélisation acoustique : si une musique est trop haute, la gamme tempérée permet de la transposer plus bas (ou de l'enrichir d'autres notes de façon à former une répartition équilibrée). Et le fait que les deux conditions nécessaires à la possibilité d'une telle transposition - existence de particules



transposées et stabilité de leurs composés - sont précisément celles qu'exprime la distribution des masses des particules suivant une gamme musicale tempérée.

La présente invention a également pour objet des applications purement musicales des procédés, modèles et instruments décrits plus haut. Outre le fait que les réactions physiques impliquant des particules deviennent, ou peuvent former la base, une fois modélisées, d'oeuvres musicales en elles-mêmes, et le fait qu'inversement, les règles existantes en musique peuvent avoir une contrepartie en physique des particules - par exemple les successions, consonance, dissonance et résolution de la dissonance, donnent en elles-mêmes une "raison d'être" aux particules instables -, la gamme suivie par les particules et les instruments élaborés pour sa mise en oeuvre ont en outre des implications musicales, dont certaines ont d'ailleurs déjà été signalées au passage. Ainsi, de nombreux musiciens contemporains utilisent des microintervalles, et la nécessité d'un "dépassement" de la gamme tempérée se fait sentir en Occident, notamment sous l'influence des musiques orientales. En fait, la "musique des particules" est une musique tonale de microintervalles, comme en Orient, quoique basée essentiellement, comme en Occident, sur la gamme chromatique. Parmi les nombreuses tentatives de gammes de microintervalles (quarts de ton, gammes de Huyghens $2^{1/31}$, Janko $2^{1/41}$ et Holder $2^{1/53}$, gamme d'Alain Daniélou basée sur les rapports $2^p 3^q 5^r$ où p, q, r sont entiers relatifs, et divisant l'octave en 53 intervalles inégaux), deux s'approchent par certains aspects de la "gamme" de la présente invention : ainsi, M. Barkechli divise le ton pythagoricien $9/8$ en intervalles inégaux, soit deux limmas et un comma pythagoriciens se combinant pour diviser le ton en cinq intervalles ; la figure 3b annexée représente les valeurs du limma et du comma pythagoriciens, ainsi que du "comma magne" et du "comma syntonique" quelquefois utilisés, approchés respectivement par les écarts e-d,



b-c, e-b et c-d, à moins d'un demi-savart ($\sim 2^{1/600}$) environ. M. Barkechli avait tenté avec cette gamme, de représenter les intervalles de la gamme iranienne, à quelques "vosta" et "zaïd" près, toutefois, qui étaient représentés sous forme
5 "rationalisée" (simplifiée). Le grand intérêt de cette gamme était, sans doute du fait de son assise empirique, de proposer une division non tempérée du ton, comme c'est le cas pour les particules (pour le demi-ton), ce qui correspond à une "microtonalité" (comme une gamme diatonique de sept notes
10 correspond à une tonalité). D'autre part, Yankovski en Union Soviétique, a suggéré une gamme $2^{1/72}$, suivant laquelle est construit l'appareil de Mourzine, divisant donc le demi-ton en six intervalles, comme la gamme conforme à la présente invention, mais égaux, donnant (cf. figure 1b) une bonne repré-
15 sentation des transpositions d'accords harmoniques, quoique différant quelque peu des intervalles utilisés dans la musique orientale. Ces deux gammes, l'une empirique, l'autre théorique, constituent donc deux approximations différentes de la gamme de la présente invention, qui en constitue en quelque
20 sorte une synthèse.

Les répartitions respectivement fine et globale de fréquences décrites plus haut et représentées aux figures 1 et 2 constituent, peut-on-dire, deux "universaux" de la musique ; c'est-à-dire que c'est une caractéristique des oeuvres musi-
25 cales bien équilibrées que la répartition de leurs fréquences (en incluant les harmoniques, portés avec une ordonnée proportionnelle à leur amplitude) modulo $2^{1/12}$ multiplicative-ment suive une répartition semblable à celle de la figure 1a, et que la répartition de leurs fréquences propres par pas
30 de $2^{1/4}$ suive une répartition semblable à celle de la figure 2a. Par comparaison, la gamme diatonique majeure do-ré-mi-fa-sol-la-si est culturelle, de nombreux modes étant possibles (et par exemple, les particules métastables plus lourdes que le proton suivent un mode andalou) ; toutefois elle est très
35 "stable" (ses fréquences propres - dans la gamme de Zarlin-



modulo $2^{1/12}$ se répartissent sur les lignes e et f de la figure 1, correspondant aux constituants des atomes). En conséquence, il est possible de déterminer à l'aide de ces deux répartitions l'enveloppe harmonique d'un son d'instrument
5 devant interpréter une oeuvre donnée, la comparaison avec la répartition de la figure 2 permettant d'évaluer les amplitudes des harmoniques d'ordre peu élevé (six premiers harmoniques), et celle avec la répartition de la figure 1, les amplitudes des harmoniques d'ordre supérieur (entre 5 et 12 essentiellement); inversement, il est possible d'"orchestrer" une
10 oeuvre pour un instrument donné.

Une oeuvre musicale ne peut en effet être jouée sur n'importe quel instrument, et telle oeuvre pour piano "appelle" une sonorité que tel piano n'a pas forcément. En
15 fait, une sonorité donnée implique un type d'oeuvre lui correspondant. En outre, l'orchestration de la voix d'un chanteur dépend du timbre de celle-ci, et il est en général difficile de trouver le "timbre" d'instrument complétant bien la voix, de manière à former un son bien équilibré, d'autant
20 plus que celui-ci varie pour chaque oeuvre (voire même lorsqu'on traduit les paroles, les "formants" des différents sons variant d'une langue à l'autre).

Or (et en plus de son utilité manifeste pour les essais de composition et d'orchestration par ordinateur) la courbe
25 théorique de répartition des fréquences, qui caractérise une composition et une orchestration bien équilibrées (ainsi que cela est nécessaire pour les applications à la fusion, s'agissant des fréquences des particules) trouve ici une application : la comparaison avec la répartition de la figure 2 permet
30 d'évaluer l'amplitude relative de la tierce, de la quinte, de la sixte et de l'octave (voire davantage en faisant une répartition avec un pas plus fin), et ainsi des harmoniques 2, 3, 4, 5 (voir davantage, - pour une oeuvre en majeur) ou 2, 3, 5, 6 (idem, - pour une oeuvre en mineur) ; la "prolongation"
35 de ces amplitudes aux autres harmoniques peut alors être



comparée, en les portant modulo $2^{1/12}$ comme sur la figure 1b, à la répartition de la figure 1a, pour déterminer les amplitudes des harmoniques essentiellement jusqu'au 12ème.

De même, pour la voix d'un chanteur, le timbre d'un instrument
5 l'accompagnant sera le complémentaire (pour ce qui concerne les amplitudes des harmoniques), par rapport au timbre ainsi calculé, de celui déterminé par analyse de Fourier (lequel peut, modulo $2^{1/12}$, être comparé directement à la figure 1a).

Inversement, l'instrument étant donné, la comparaison
10 avec la courbe d'équation (1) de la répartition des fréquences d'une oeuvre exécutée avec cet instrument permet de déterminer "ce qui manque" pour la compléter, et d'orchestrer ainsi l'oeuvre pour cet instrument (ou en tout cas de guider cette orchestration) ; et de même pour l'orchestration de la voix
15 d'un chanteur. Un timbre d'instrument peut encore être "développé", c'est-à-dire traduit en répartition des fréquences d'une oeuvre lui convenant, donnant ainsi des critères pour la composition musicale pour ce timbre (l'accentuation de l'harmonique 5 par exemple impliquant une fréquence
20 plus grande de la tierce majeure) ; on notera que c'est ce que font les particules, chez qui l'accentuation des harmoniques d'ordre 2, 4, 8... se traduit par la présence statistique d'une gamme à base 2.

Ces procédés peuvent être réalisés sous la forme d'un
25 système dont peut être muni tout synthétiseur de musique ou orgue électronique à multiples sonorités, effectuant automatiquement les calculs nécessaires et déterminant ainsi automatiquement le timbre sur lequel peut être jouée une mélodie. Un tel système associé à un synthétiseur ou à un orgue électronique détermine successivement l'histogramme des fréquences
30 de la mélodie jouée sur l'instrument, à l'aide d'une calculatrice qui entre en mémoire chaque note et calcule cette répartition par ligne de partition, puis compare cet histogramme avec la courbe théorique décrite plus haut et en déduit l'amplitude des premiers harmoniques, d'où une première détermi-
35



nation de l'enveloppe harmonique, affinée ensuite par comparaison avec la répartition des fréquences modulo $2^{1/12}$, donnant finalement le timbre recherché qui est alors soit synthétisé, soit choisi comme le plus approchant parmi une
5 gamme de sonorités données (par une méthode de moindres carrés).

Outre les dispositions qui précèdent, l'invention comprend encore d'autres dispositions, qui ressortiront de la description qui va suivre.

10 La présente invention vise plus particulièrement le procédé de modélisation des particules élémentaires, les modèles obtenus avec ce procédé, la gamme musicale, les instruments électroniques et acoustiques de modélisation des particules à partir de ladite gamme, le procédé de fusion
15 nucléaire et l'appareillage pour sa mise en oeuvre, conformes aux dispositions qui précèdent, ainsi que les applications de ces procédés, modèles et instruments et notamment leurs applications musicales.

L'invention sera mieux comprise à l'aide du complément
20 de description qui va suivre, qui se réfère aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une représentation graphique :

- (a) de l'histogramme des masses des particules élémentaires modulo $2^{1/12}$ multiplicativement, les particules correspondantes étant indiquées en-dessous, en regard ;
25
- (b) de l'histogramme des intervalles de la gamme harmonique occidentale prolongée jusqu'au 12^e harmonique, - modulo $2^{1/12}$ multiplicativement ;
- (c) des fréquences des "vosta" et "zaïd" persanes, modulo $2^{1/12}$ multiplicativement ;
30
- (d) des intervalles de la gamme chinoise, modulo $2^{1/12}$ multiplicativement ;

qui fait apparaître la correspondance entre les fréquences propres des particules et celles utilisées par les musiciens
35 de différents pays.



- La figure 2 est une représentation graphique de l'histogramme des masses des particules élémentaires entre 0,6 et 5 GeV, avec un pas de $2^{1/4}$, qui fait apparaître la correspondance entre la répartition globale des fréquences des particules et celle des notes d'une oeuvre de musique orchestrée ;
- La figure 3 représente un demi-ton de la gamme conforme à l'invention
 - (a) centré comme sur la figure 1,
 - 10 (b) centré sur le quart de ton,de façon à montrer la division du demi-ton tempéré conformément à la gamme conforme à l'invention ;
- La figure 4 représente le clavier d'une octave d'un instrument électronique conforme à l'invention, à clavier (piano 15 à microintervalles) permettant la modélisation de l'ensemble des particules conformément à la présente invention, les fréquences montant de bas en haut et de gauche à droite, les lignes de touches pouvant être distinguées par des couleurs dont les fréquences suivent une progression de 20 même sens que les fréquences, et
- La figure 5 est un schéma-bloc du dispositif de détermination du timbre d'un instrument devant interpréter une oeuvre donnée, conforme à l'invention.

Il doit être bien entendu, toutefois, que ces dessins 25 et les parties descriptives correspondantes, sont donnés uniquement à titre d'illustration de l'objet de l'invention dont ils ne constituent en aucune manière une limitation.

La figure 1a représente l'histogramme des masses des particules élémentaires réduites, modulo $2^{1/12}$ multiplicati- 30 vement (gamme chromatique tempérée), à une valeur voisine de celle du pion (soit entre 133,4 et 141,3 MeV), portées en abscisse, avec une ordonnée proportionnelle à leur nombre, pondérées en tenant compte de leur précision (en prenant au-delà de K la masse moyenne d'un isomultiplet) et de leur sta- 35 bilité : représentées soit par un rectangle de largeur



$2^{1/960}$ (0,1 MeV) et de hauteur quadruple ($e^\pm, \mu^\pm, \pi^\pm, \pi^0, K^\pm, K^0, N$), soit par un carré de largeur $2^{1/480}$ (0,2 MeV) $\langle \bar{\Lambda}, \Sigma, \Xi, \Omega^-, \Xi^* (1530), \omega, \phi, K^* (892), \eta', D, D^*, J/\psi, \psi',$ soit par un rectangle de largeur $2^{1/240}$ quadruple de sa hauteur $\langle \bar{\Lambda}, Y^* (1385),$ résonances $\Lambda, \Sigma (1915), \eta, D (1286), f, f',$ 5 T (un peu plus étroite), T' vérifiant $\delta m < 0,36$ MeV. (m/m_π), plus τ et ρ "repêchées" avec une largeur $2^{1/160}$ 7.

La figure 1b représente l'histogramme des intervalles harmoniques rapportés à la gamme tempérée, c'est-à-dire des fractions entières p/q pour $q < p \leq 12$, modulo $2^{1/12}$ multipli- 10 cativement, portées avec une hauteur proportionnelle à $a(p).a(q)$, ($a(p) = 1$ pour $p \leq 6$ et 0,5 pour $7 \leq p \leq 12$) et un "pas" de $2^{1/480}$. Les lignes (a) à (f) correspondent respectivement aux harmoniques premiers $7^{-1}, 11$ et $11^{-1}, 7, 5, 2$ et 3 et leurs in- 15 verses, et 5^{-1} .

Comme indiqué plus haut, les figures 1c et 1d représentent respectivement les fréquences des "vosta" et "zaïd" persanes et les intervalles de la gamme chinoise, faisant apparaître la correspondance avec les histogrammes relatifs, 20 respectivement, à la répartition des fréquences propres des particules et à la répartition de la gamme basée sur les douze premiers harmoniques, représentés aux figures 1a et 1b.

La figure 2a représente l'histogramme des masses des particules élémentaires entre 0,6 et 5 GeV, avec un "pas" de 25 $2^{1/4}$, où la courbe en trait plein correspond à l'équation (1) donnée plus haut et la courbe en pointillé représente la courbe déduite de la thermodynamique des interactions fortes.

La figure 2b représente la courbe d'équation (1) multi- pliée par $\cos^2 (12 \pi q / \log 2)$.

30 La figure 2c représente la courbe de répartition des notes des premières mesures de la Chaconne de Bach, où r est la relative (fa majeur) de la tonique (ré mineur).

La figure 2d représente la courbe de répartition des 128 premières mesures de la Symphonie N° 40 de Mozart où d 35 désigne la dominante (ré), $d - 1$ et $d + 1$ signifient $d - 1$



octave et $d + 1$ octave, respectivement, et t désigne la tonique (sol).

Les deux dernières courbes sont données à titre d'exemples de la similitude de leurs répartitions avec les courbes
5 de répartition des figures 2a et 2b.

La nouvelle gamme musicale conforme à l'invention, qui est caractérisée par la subdivision du demi-ton chromatique tempéré en microintervalles inégaux de $1/12^{\text{e}}$, $1/12^{\text{e}}$, $1/24^{\text{e}}$, $1/8^{\text{e}}$, $5/48^{\text{e}}$ et $1/16^{\text{e}}$ de ton, est représentée à la figure 3a,
10 où les microintervalles correspondent respectivement aux intervalles e-f, f-a, a-b, b-c, c-d et d-e. Les notes a, b, c, d, e et f correspondent alors, modulo 66 octaves (au-dessous) de la masse du pion, à des "la" 440, 442,3, 448,6, 454, 457,36 et 461,8 respectivement (la figure 3a étant
15 centrée, comme la figure 1a, sur la masse moyenne du pion). La figure 3b représente, en partant de la ligne e de la figure 3a, la subdivision du demi-ton chromatique conformément à la présente invention, l'intervalle compris entre e_1 et b_2 approchant le comma-magne, l'intervalle compris entre
20 b_2 et c_2 approchant le comma pythagoricien, l'intervalle compris entre c_2 et d_2 approchant le coma syntonique, et l'intervalle compris entre e_1 et d_2 approchant le limma pythagoricien.

L'instrument conforme à l'invention dont on a représenté
25 le clavier sur la figure 4, permet de réaliser des accords harmoniques exacts, les touches d convenant aux tierces et sixtes majeures et les touches f aux tierces et sixtes mineures : ainsi, l'accord parfait majeur est-il $e_1 - d_5 - e_8$ et l'accord parfait mineur $e_1 - f_4 - e_8$ au lieu de $e_1 - e_5 - e_8$
30 et $e_1 - e_4 - e_8$ respectivement. Des accords (à quatre sons) peuvent être réalisés impliquant l'harmonique 7 et son inverse (touches c et a correspondant à des tiers ou sixièmes de ton), et les touches b (voisines des quarts de ton) sont employées fréquemment pour des mélodies orientales ou même irlandaises ;
35 l'instrument peut ainsi accompagner des violons pour des "reels"



ou d'autres musiques traditionnelles pour lesquelles un piano s'élève bien peu suffisant. De nombreuses mélodies "appellent" en fait de telles notes, pour lesquelles un fa par exemple sera banal et un mi trop bas, comme on peut le trouver pour la
5 mélodie hébraïque "David yefe einayim" comportant un mélange d'influences orientales et d'Europe Centrale, et où la touche b_6 trouvera une application. Dans l'ensemble, les touches a, b et c, d, e, f conviennent aux musiques respectivement chinoise, orientale, d'église, contemporaine, tempérée et slave, en
10 particulier ; de façon frappante d'ailleurs, les lignes de la figure 1 évoquent des structures architecturales de ces mêmes pays respectifs, donnant le sentiment d'un ordre harmonieux de l'univers contenu en puissance dans les particules qui le composent. Ce qui amène à souhaiter que la gamme conforme à la
15 présente invention, constituant une synthèse de gammes en usage dans de nombreux pays d'Orient et d'Occident, et répondant aux conditions exprimées par M. Barkechli lors du 84ème Colloque International du CNRS tenu en Mai 1958 à Marseille sur l'acoustique musicale (Ed. du CNRS, 1959, p. 45), réponde
20 également à son vœu : "Je pense que si on arrive à avoir une gamme simple divisée en intervalles comme dans la musique occidentale, on pourrait avoir une gamme universelle qui pourrait jouer un grand rôle dans la compréhension internationale".

25 La figure 5 représente un schéma-bloc d'un dispositif de détermination du timbre d'un instrument devant interpréter une oeuvre donnée, conforme à l'invention, qui comprend une calculatrice qui entre en mémoire chaque note d'une mélodie jouée par un instrument A, calcule la répartition des
30 fréquences par ligne de partition et détermine ainsi l'histogramme des fréquences d'une mélodie donnée, en B, puis compare l'histogramme obtenu en B avec la courbe théorique représentée en pointillé sur la figure 2a, et en déduit, en C, l'amplitude des premiers harmoniques, d'où une première détermination de
35 l'enveloppe harmonique, qui est ensuite affinée, en D, par



comparaison avec la répartition des fréquences modulo $2^{1/12}$ représentée à la figure 1a, la courbe obtenue étant soit traduite en sons par un synthétiseur, soit comparée au timbre des sonorités pré-enregistrées d'un orgue électronique.

- 5 Si un grand nombre de notes (plusieurs centaines) permet de déterminer avec précision l'enveloppe harmonique, un petit nombre (quelques dizaines) permet déjà d'obtenir, d'un passage à l'autre, le premier ordre de la différence entre deux courbes-enveloppe : ce dispositif permet donc de moduler
- 10 simplement le timbre d'un instrument dont les caractéristiques essentielles sont données (type "piano" par exemple) en fonction des différents passages d'une oeuvre, réalisant ainsi l'espoir formulé au début du siècle par Schönberg de composer dans les différentes dimensions du "timbre", dont il considé-
- 15 rait la hauteur d'une note comme seulement une des dimensions.

La table I ci-dessous donne la liste de quelques particules élémentaires (essentiellement celles qui sont représentées en histogramme sur la figure 1a) avec leurs modes de désintégration et rapports de branchements, traduites en notes

20 de musique avec indication des lignes correspondantes sur la figure 1a.



(Stabilité)	Particule/ Masse (Mev)	Note / Ligne	Modes de désintégration et rapports de branchement
(EM)	Σ^0	(1192.5)	$\rightarrow \Lambda \gamma$ si bémol-la (100%), $\Lambda e^+ e^-$ si bémol-la la bémol (10^{-3})
(M) _S	Ξ	1318.11	Do sur d $\rightarrow \Lambda \pi$ do-la (100%), $\Xi^- \Lambda e^- \nu$ do-la-la bémol, $\Lambda \bar{\nu} \nu$ (10^{-4})
(M) _S	Ω^-	1672.22	Mi sur e $\rightarrow \Lambda \bar{K}^-$ mi la sol (68,6%) $\Xi^* \pi$ mi ré-la (0,2%) la mineur 6 $\rightarrow \Xi \pi$ mi do la (31,4%)
(M) _C	Λ_C	2260	La sur f $\rightarrow \Lambda \pi \pi$ la, $NK\pi$ la-sol bémol-sol (2%)
(EM)	π^0	134.96	La (b) sur b $\rightarrow \gamma \gamma$ la (98,85%), $\gamma e^+ e^-$ la-la bémol (1,15%)
(EM)	η	548.8	La sur c $\rightarrow \pi \pi \pi$ la (53,5%), $e^+ e^- \gamma$ la-la bémol (0,5%) $\mu^+ \mu^-$ (2.10^{-5})
	η_C	2980	Ré sur e $\rightarrow \eta \pi \pi$ ré-la, $\bar{K} \bar{K} \pi$ ré-sol-la
	η'	957.6	Sol (b) sur a $\rightarrow \eta \pi \pi$ sol-la (66%), $\rho \gamma$ (30%)
	ρ	776	Mi (b) sur c $\rightarrow \pi \pi$ mi _b -la (100%), $e^+ e^-$ (4.10^{-3}), $\mu^+ \mu^-$ (7.10^{-3})
	ω	782.4	Mi (b) sur d $\rightarrow \pi \pi \pi$ mi _b -la (90%) $e^+ e^-$ (8.10^{-3})
	ϕ	1019.6	(sol) la _b sur b $\rightarrow K^+ K^-$ (48.6%), $K_L K_S$ (35.2%), $\pi \pi \pi$ (14.7%), $\eta \gamma$ (1,5%), $e^+ e^-$ (3.10^{-4}), $\mu^+ \mu^-$ (25.10^{-4})
(EM)	J/ψ	3098	Mi _b sur c $\rightarrow e^+ e^-$ mi _b la _b (7%) $\mu^+ \mu^-$: mi _b la _b (mi) (7%), pions, pions + K^+ , Ξ^- , $\bar{\Xi}^-$, $\bar{\Sigma}^+$, $\bar{\Lambda}^+$, $\rho \pi$, K^* (892) \bar{K}^* (1430), ρA_2 (1317) $\rho \pi \dots$
(EM)	ψ	3684	Sol _b sur c $\rightarrow e^+ e^-$, $\mu^+ \mu^-$ (1%) J/ψ $\pi^+ \pi^-$ sol _b mi _b la (50%), J/ψ η (4%)

(Stabilité) Particule/Masse (Mev)/Note/Ligne/Modes de désintégration et rapports de branchement			
(EM)			
T	9460	Si _b sur e + $\mu^+ \mu^-$ si _b -mi, e ⁺ e ⁻ si _b -la _b	
T'	10020	Si sur e + $\mu^+ \mu^-$ si _b -mi, e ⁺ e ⁻ si _b -la _b	
K*	892	Fa sur f + K π fa-sol-la (100%)	
K*	1430	Ré(b) sur a + K π (49%), K* π (27%), K ρ (7%), K ω (4%), K η (2%)	
Λ	1232	Si 7 sur c + N π , N π si-sol _b -la (150%)	
Λ	1405	Ré _b sur e + $\Sigma \pi$ ré _b -si _b -la (100%)	
γ^*	1385	Ré _b (Si _b m7) sur c + $\Lambda \pi$ ré _b -la (88%), $\Sigma \pi$ ré _b -si _b (12%)	
Ξ^*	1530	Ré 9 sur b + $\Xi \pi$ ré-do-la (100%)	
ϵ	1273	(Si)do sur a + $\pi \pi$	
f'	1516	(Ré)mi _b sur a + K \bar{K}	
D	1286	(Si)do sur b + K $\bar{K} \pi$ (10%) $\eta \pi \pi$ (49%) $\delta \pi$ (36%)	
Λ	1820	(Fa)sol _b sur b + N \bar{K} (60%), $\Sigma \pi$, γ^* (1385) π	
Σ	1915	Sol(b) sur a + N \bar{K} , $\Lambda \pi$, γ^* (1385) π	
δ	981	Sol sur c + $\eta \pi$, K \bar{K}	
Λ_2	1317	Do sur d + $\rho \pi$ do-mi _b -la (70%), $\eta \pi$ (14,6%), $\omega \pi \pi$ (10,6%)	

Stabilité : (S) = stable

(M) = métastable (désintégration faible)

(M) $\sim 10^{-6}$ s ; (M) $\sim 10^{-8}$ s ; (M)_S $\sim 10^{-10}$ s ; (M)_C $\sim 10^{-13}$ s

(EM) = désintégration électromagnétique (10^{-16} s à 10^{-23} s)

sinon instable = désintégration forte ($\sim 10^{-23}$ s)

Pour bien utiliser ce tableau pour la modélisation des particules, on notera qu 1'"influence" signalée plus haut de la présence statistique de la gamme à base 2 sur l'enveloppe harmonique indique que les harmoniques d'une particule ne sont pas fixes mais dépendent de la répartition d'un ensemble de particules, ce qui peut être modélisé grâce au procédé décrit plus haut pour les oeuvres musicales.

Ainsi que cela ressort de ce qui précède, l'invention ne se limite nullement à ceux de ses modes de mise en oeuvre, de réalisation et d'application qui viennent d'être décrits de façon plus explicite ; elle en embrasse, au contraire, toutes les variantes qui peuvent venir à l'esprit du technicien en la matière, sans s'écarter du cadre, ni de la portée, de la présente invention.



REVENDECATIONS

1°) Procédé d'obtention de vibrations quantiques, acoustiques ou électroniques sélectionnées, accordées entre elles, réparties selon une association en fréquence et une succession dans le temps régies par des lois déterminées, pour catalyser la production d'énergie dans le cas de vibrations quantiques, produire des oeuvres musicales dans le cas de vibrations acoustiques ou électroniques ou pour modéliser acoustiquement les vibrations des particules élémentaires, notamment à des fins pédagogiques ou de vérification de la fusion des vibrations de particules, lequel procédé est caractérisé en ce que lesdites vibrations sont obtenues en produisant, à l'aide d'un dispositif approprié tel qu'accélérateur de particules ou instrument acoustique ou électronique apte à produire lesdites vibrations, qui est convenablement réglé dans ce but, des vibrations dont les fréquences fondamentales sont égales, à un nombre entier d'octaves près éventuellement, à celles de particules existantes, dont l'enveloppe temporelle est exponentielle négative, et qui incluent un petit nombre d'harmoniques dont l'enveloppe des amplitudes en fonction de leur rang décroît également en exponentielle négative, excepté des "pics" aux octaves successifs de la fréquence fondamentale (ces enveloppes pouvant alors dépendre, pour chaque vibration, de la présence des autres vibrations produites), de manière à former avec ces vibrations des "accords" et des "mélodies" respectant à la fois les lois de conservation telles que celles gouvernant les réactions de fusion et de désintégration des particules correspondantes, et des lois "musicales" de consonance et de répartition globale équilibrée telles que l'accord des fréquences fondamentales, suivant une même gamme chromatique ou diatonique et leur répartition globale suivant une courbe d'équation I :

$$P(q) \sim \exp(-6q^2/\text{Log}2) + (12)^{-1/2} \exp(-q^2/2\text{Log}2) \cdot \cos^2(\pi q/\text{Log}2), \quad (I)$$

où q désigne l'échelle des logarithmes des fréquences, lesdites vibrations étant produites, en produisant, au cours d'une



première étape, de façon répétée, en mettant en oeuvre le procédé de sélection des vibrations qui vient d'être défini, une vibration de référence, que l'on complète, au cours d'une deuxième étape, également à l'aide du procédé défini plus haut, par des vibrations situées aux octaves, et éventuellement par des vibrations en accord musical avec celles-ci, lesdites vibrations étant complétées par une troisième série de vibrations à la production desquelles elles servent d'origine, au cours d'une étape subséquente, cette troisième série de vibrations étant obtenue soit par fusion et désintégration des particules produites dans l'accélérateur de particules susdit, soit par sélection programmée de vibrations produites à l'aide du procédé susdit, notamment en respectant les lois de symétrie des particules correspondantes, et plus spécifiquement les lois de branchement de ces dernières, cette troisième série de vibrations étant elle-même complétée au cours d'une autre étape, par une quatrième série de vibrations sélectionnées en mettant en oeuvre le procédé ci-dessus, pour compléter les trois premières séries de vibrations en formant avec elles des accords, la proportion des vibrations de l'ensemble des quatre séries susdites obéissant progressivement, en fonction de leur fréquence vibratoire, aux proportions déduites de l'équation (I) ci-dessus, chaque étape du procédé, et notamment la troisième, pouvant être reproduite à plusieurs reprises concomitamment à la quatrième étape.

2°) Procédé selon la Revendication 1, caractérisé en ce que le réglage des moyens de production desdites vibrations est obtenu, dans le cas où ces dernières sont produites par un accélérateur de particules, en soumettant tout d'abord des noyaux d'atomes légers, tels que le deutérium notamment, à l'action d'un faisceau de particules identiques entre elles et qui sont choisies pour être en accord tempéré (dans un même système de référence) avec les nucléons desdits noyaux, lequel faisceau est émis par ledit accélérateur avec une



énergie qui est fonction de la masse des particules, propre à permettre la capture dudit faisceau par les noyaux susdits, les noyaux ainsi traités étant ensuite complétés par la mise en oeuvre du procédé selon la Revendication 1.

5 3°) Procédé selon la Revendication 1, caractérisé en ce que le réglage des moyens de production desdites vibrations est obtenu, dans le cas où ces dernières sont produites par un instrument acoustique ou électronique, en modulant de manière appropriée l'amplitude des harmoniques des vibrations
10 produites par le procédé selon la Revendication 1, l'accord de l'instrument étant conforme au spectre des fréquences défini dans la Revendication 1, en transposant alors les fréquences fondamentales des vibrations produites de celles des particules au repos, de 68 plus ou moins un petit nombre
15 entier d'octaves vers le bas, pour donner une fréquence audible, et en réglant les durées de vie (temps de décroissance moitié) des vibrations produites, par une transposition commensurable de celles des particules, pour obtenir, de même, une vibration audible.

20 4°) Procédé selon la Revendication 3, caractérisé en ce que l'accord de l'instrument propre à réaliser la transposition des fréquences fondamentales des vibrations produites par rapport à celles des particules est obtenu, dans le cas d'un instrument à sons fixes, en accordant dans une première
25 étape ledit instrument en suivant la gamme chromatique tempérée, puis en subdivisant chaque demi-ton chromatique tempéré, en micro-intervalles inégaux successifs de $1/12e$, $1/12e$, $1/24e$, $1/8e$, $5/48e$ et $1/16e$ de ton, l'ordre de succession étant celui des fréquences ascendantes, cette subdivision étant obtenue
30 en complétant, par tous moyens appropriés, le spectre des fréquences fixes pouvant être produites par l'instrument.

5°) Procédé selon l'une quelconque des Revendications 1 et 3, caractérisé en ce que l'enveloppe spectrale des vibrations périodiques, c'est à dire l'amplitude des harmoniques,
35 est déterminée par rapport à l'enveloppe spectrale définie



dans la Revendication 1, en établissant un histogramme de l'ensemble des vibrations produites dans un intervalle de temps donné, en comparant cet histogramme avec la courbe d'équation (I) selon la Revendication 1, et en déduisant de
5 cette comparaison l'amplitude des premières harmoniques, qui permet d'effectuer une première détermination de l'enveloppe harmonique, que l'on obtient par comparaison de la répartition des fréquences modulo $2^{1/2}$ que l'on en déduit, avec la répartition des masses des particules élémentaires modulo
10 $2^{1/2}$, pour obtenir l'enveloppe spectrale représentant le timbre recherché.

6°) Procédé selon la Revendication 5, caractérisé en ce que ladite enveloppe spectrale est déterminée, en établissant un histogramme des logarithmes des fréquences des vibrations de l'ensemble
15 E de vibrations produites pendant un intervalle de temps donné, T, (comptées par "pas" tels que $2^{1/4}$ ou plus fin), en comparant selon la Revendication 5 (les intervalles étant, pour les notes individuelles, déterminés par rapport à la tonique) cet histogramme avec la courbe d'équation (I) selon la Revendication 1 et en déduisant de
20 cette comparaison l'amplitude des premiers harmoniques, qui permet d'effectuer une première détermination de l'enveloppe harmonique, que l'on affine par comparaison de la répartition des fréquences modulo $2^{1/12}$ que l'on en déduit, avec la répartition des masses des particules élémentaires modulo
25 $2^{1/12}$, pour obtenir l'enveloppe spectrale représentant le timbre recherché.

7°) Procédé selon la Revendication 3, caractérisé en ce que la modulation de l'amplitude des harmoniques est obtenue en ce que le timbre représenté par l'enveloppe
30 spectrale déterminée comme dans l'une quelconque des Revendications 5 et 6 est alors soit synthétisé, soit choisi comme le plus approchant parmi une gamme de sonorités données par une méthode de moindres carrés, soit encore retranché du timbre de la voix d'un chanteur que l'on accompagne, enregistré
35 et déterminé par un analyseur de Fourier, pour être également



synthétisé ou choisi comme le plus approchant parmi une gamme de sonorités données.

8°) Dispositif pour moduler l'amplitude des harmoniques selon la Revendication 7, caractérisé en ce qu'il comprend une calculatrice qui met en mémoire les fréquences des vibrations et effectue les calculs et comparaisons selon la Revendication 7, et qui soit transmet le timbre recherché à un synthétiseur ou à un instrument avec lequel elle coopère, soit retranche de ce timbre celui déterminé par un analyseur harmonique dépendant d'un micro, avec lesquels elle coopère.

9°) Instrument électronique pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des Revendications 1, 3 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend un dispositif selon la Revendication 8, incluant une calculatrice couplée avec un synthétiseur de sons, dont les touches figurent sur un même clavier, lequel comprend, en combinaison, une série de touches de piano qui délivre la gamme tempérée et au moins une série de touches de calculatrice correspondant d'une part à la programmation des enveloppes temporelle et spectrale, et éventuellement à la programmation de fréquences associées auxdites touches, et d'autre part, et par commutation, à des sons différents de ceux du piano, dont les fréquences sont transposées de celles des particules, et aptes à donner lieu à des accords harmoniques sensiblement exacts, les sons délivrés par l'instrument résultant de l'intégration dans la calculatrice des caractéristiques du son qui sont soit celles de la Revendication 1, soit programmées par l'utilisateur, soit encore déterminées par la calculatrice elle-même, et notamment l'enveloppe spectrale à partir des fréquences programmées ou jouées par l'utilisateur selon le procédé de la Revendication 7 à l'aide du dispositif selon la Revendication 8 inclus dans l'instrument.

10°) Instrument électronique selon la Revendication 9, accordé selon la Revendication 4, caractérisé en ce



que ledit clavier inclut cinq séries ou lignes de touches, accordées comme les touches de piano en suivant une gamme chromatique tempérée, mais situées 1/12e de ton plus haut (pouvant ainsi égaler sensiblement l'harmonique 5 inverse des touches de piano), 1/6e de ton plus haut (pouvant égaler sensiblement l'harmonique 7 inverse), 7/24e de ton plus bas (pouvant approcher d'1/24e de ton environ l'harmonique 11 et son inverse, et plus exactement l'harmonique 31), 1/6e de ton plus bas (pouvant égaler sensiblement l'harmonique 7) et 1/16e de ton plus bas (pouvant égaler sensiblement l'harmonique 5) respectivement (ci-après également dénommées f, a, b, c, d), le timbre de chacune de ces lignes de touches pouvant être programmé et modulé séparément de manière à hausser les harmoniques correspondants.

11°) Instrument électronique selon la Revendication 10, caractérisé en ce que la structure harmonique du son commun à toutes les lignes est programmée à l'aide de tirettes analogues à celles permettant de choisir le registre d'un orgue, ce qui permet de la visualiser.

12°) Instrument électronique selon la Revendication 9 ou la Revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte une série de touches de piano et seulement une (un tel instrument pouvant être désigné sous le nom "piano quart de ton"), ou deux ("piano tiers de ton") séries de touches de calculatrice pouvant être programmées, au choix, sur l'un quelconque des "diapasons" situés plus haut ou plus bas que celui du piano.

13°) Instrument électronique selon la Revendication 9 ou la Revendication 10, caractérisé en ce qu'il comporte une série unique de six touches commandant un clavier de piano usuel de façon à pouvoir modifier sa hauteur (soit de façon permanente, soit seulement lorsqu'on appuie dessus), respectivement de -7/24e, -1/6e, -1/16e, 0, +1/12e et +1/6e de ton (lignes b, c, d, e, f, a, dans cet ordre), une telle combinaison étant suffisante pour une utilisation simplement



mélodique des micro-intervalles.

14°) Instrument électronique selon les Revendications 12 et 13, caractérisé en ce qu'il comporte 2 ou 3 séries de six touches selon la Revendication 14, commandant
5 respectivement un clavier de piano usuel et une ou deux séries de touches accordées en gamme tempérée, de façon à pouvoir fixer leur hauteur.

15°) Instrument électronique selon l'une quelconque des Revendications 9 à 14, caractérisé en ce que lesdites
10 touches réalisent la programmation de mélodies et accords assortis de certaines conditions devant être statistiquement remplies, telles les données des probabilités (rapports de branchement) des différents modes de désintégration d'une particule donnée.

16°) Instrument électronique selon l'une quelconque des Revendications 9 à 15, caractérisé en ce que les
15 touches de calculatrice réalisent la détermination des caractéristiques d'une "oeuvre" à partir de la donnée des rapports de branchement déterminant une distribution en
20 fréquences d'un ensemble de particules, par comparaison avec la courbe théorique, et pour déterminer, à partir de la répartition des notes correspondantes (histogramme des notes par "pas" de tierce), la structure harmonique adéquate (timbre du son correspondant) par comparaison avec
25 cette courbe.

17°) Instrument acoustique à sons fixes pour la mise en oeuvre du procédé selon la Revendication 4, caractérisé en ce qu'il s'agit d'un instrument à lames ou plaques vibrantes ou à tuyaux sonores construit selon la gamme
30 définie dans la Revendication 4.

18°) Instrument selon la Revendication 17, caractérisé en ce que le clavier selon l'une quelconque des Revendications 9 à 14 commande mécaniquement mais par un jeu d'impulsions électriques, la vibration acoustique de lames
35 ou cordes vibrantes très petites mais placées dans des caisses



de résonance réglables, amplifiant le son tout en modulant sa structure harmonique.

- 19°) Procédé mettant en oeuvre les propriétés musicales des particules élémentaires selon les Revendications 1 et 2 pour catalyser la production d'énergie de fusion nucléaire, caractérisé en ce qu'il consiste à réaliser des réactions de fusion à partir de particules en accord chromatique tempéré, soit ajoutées, soit substituées aux particules des noyaux de matière ordinaire, ces particules étant sélectionnées de façon à former des noyaux composés dont la répartition des fréquences propres des composants dans l'échelle soit conforme à la courbe d'équation (2) ci-après :
- $$P(q) \sim e^{-6q^2/\text{Log}2} + (12)^{-1/2} e^{-q^2/2\text{log}2} \cos^2(\pi q/\text{log}2) \times \cos^2(12\pi q/\text{Log}2 + \phi) \cos^2(72\pi q/\text{Log}2) \quad (2)$$
- où ϕ est la phase définissant le choix de la ligne comprenant les particules (soit $\phi=0$, $-\pi/8$, $-\pi/3$, $+7\pi/12$, $+\pi/3$ ou $+\pi/6$, $\phi=0$ correspondant au nucléon), une modélisation acoustique selon les Revendications 1, 3 à 8 à l'aide d'un dispositif selon l'une quelconque des Revendications 8 à 18 permettant de vérifier notamment la fusion de leurs vibrations.

- 20°) Appareillage pour la mise en oeuvre du procédé de fusion nucléaire selon la Revendication 19, caractérisé en ce qu'il comprend le couplage d'un accélérateur, chargé de produire les particules destinées à fusionner, et d'un réacteur de fusion proprement dit où se forment les noyaux composés.



1 / 4

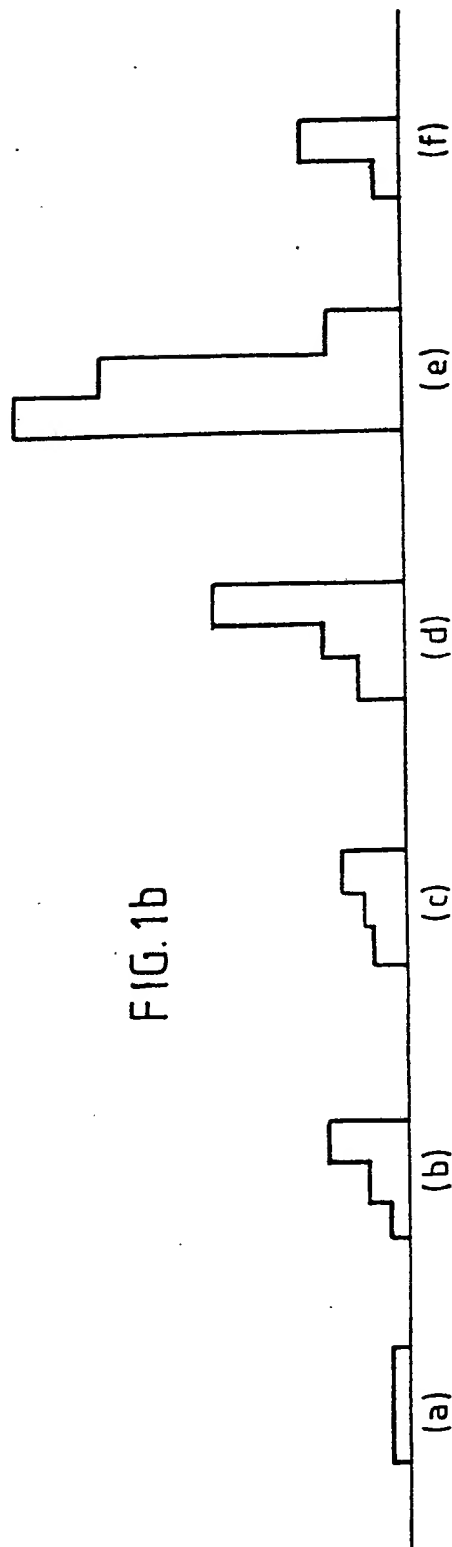
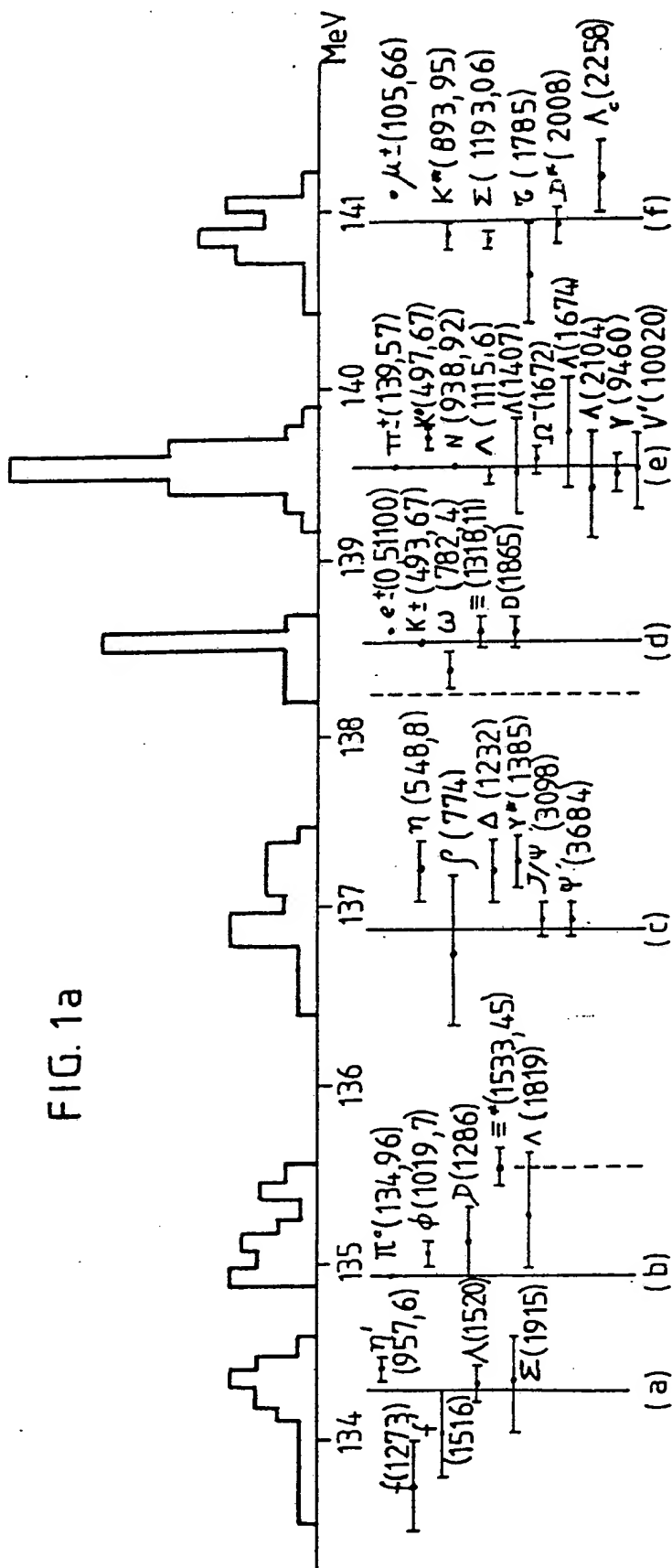


FIG. 1c

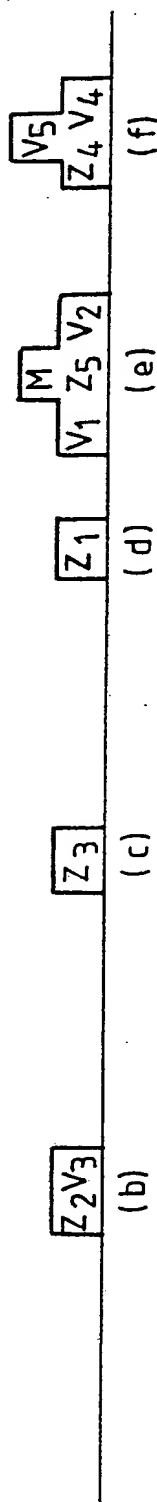


FIG. 1d

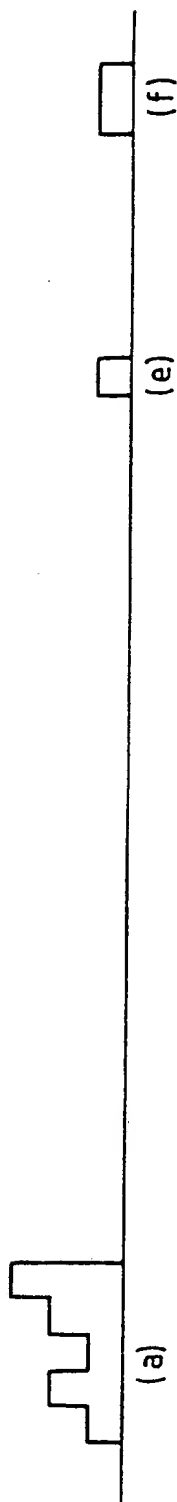


FIG. 3a

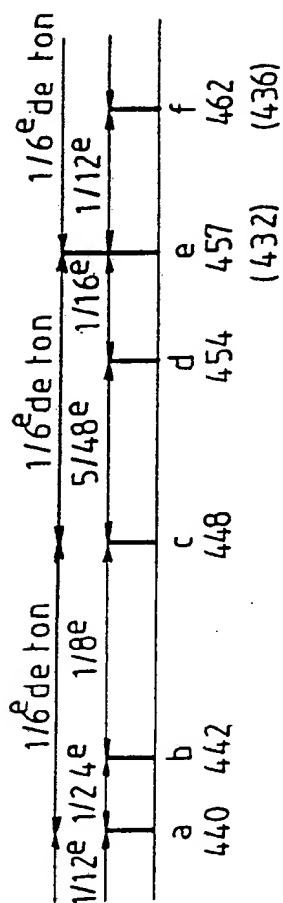
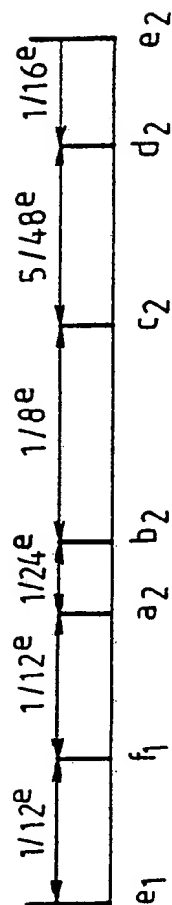


FIG. 3b



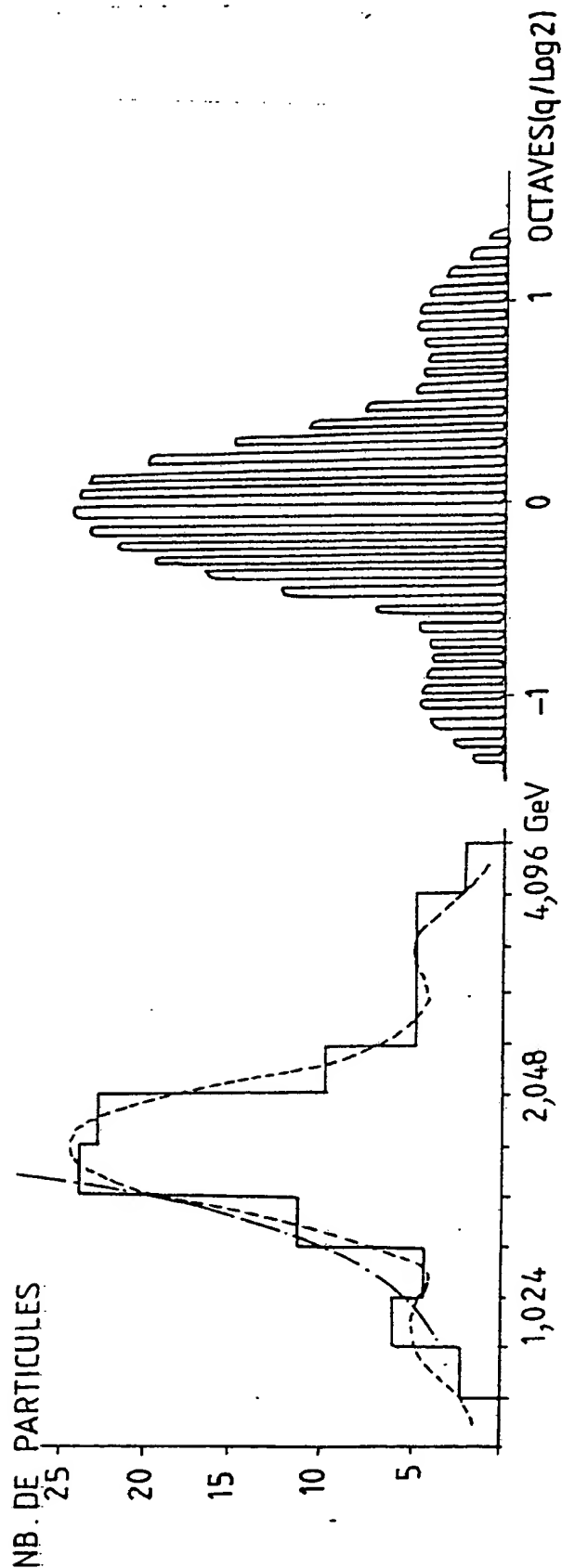


FIG. 2(b)

FIG. 2(a)

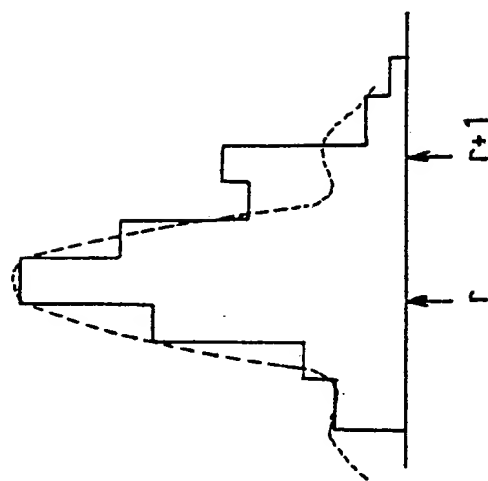


FIG. 2(c)

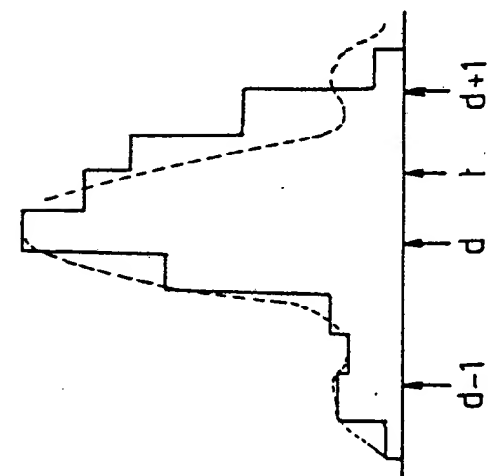


FIG. 2(d)

4/4

FIG. 4

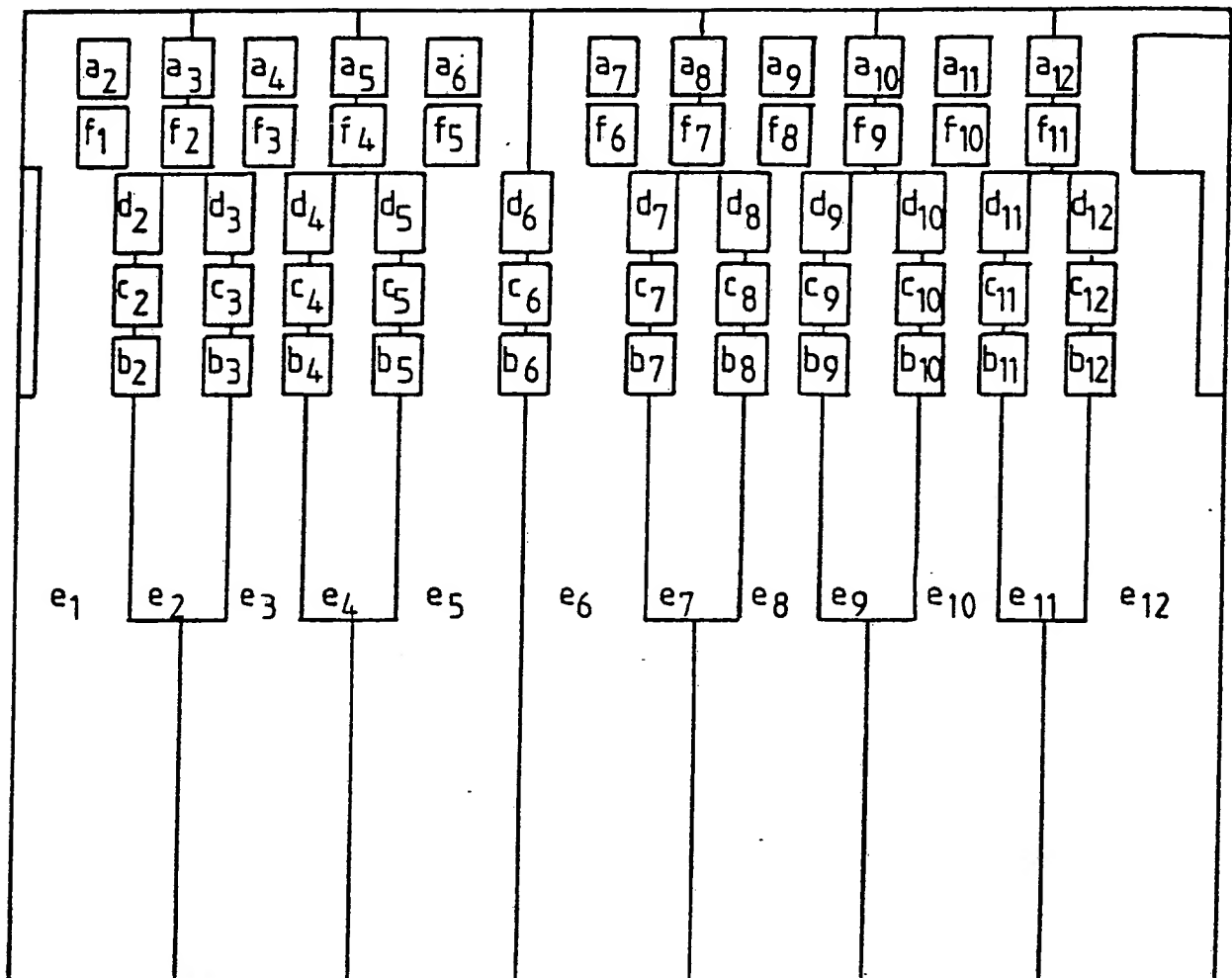
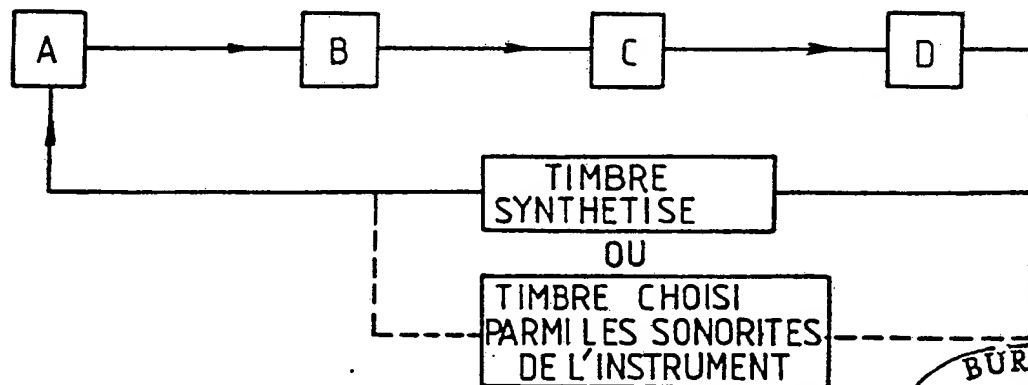


FIG. 5



FEUILLE DE REMPLACEMENT



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/FR84/00030

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (If several classification symbols apply, indicate all) ³ According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC IPC ³ : G10H 1/00											
II. FIELDS SEARCHED <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">Minimum Documentation Searched ⁴</div> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">Classification System</th> <th style="width: 75%;">Classification Symbols</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">IPC³</td> <td style="text-align: center; vertical-align: middle;">G10H; G21K; G21B</td> </tr> </table> <div style="text-align: center; margin-top: 5px;">Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched ⁵</div>			Classification System	Classification Symbols	IPC ³	G10H; G21K; G21B					
Classification System	Classification Symbols										
IPC ³	G10H; G21K; G21B										
III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT ¹⁴ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">Category ⁶</th> <th style="width: 60%;">Citation of Document, ¹⁵ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷</th> <th style="width: 30%;">Relevant to Claim No. ¹⁸</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">A</td> <td>US, A, 3939751 (R.J. HARASEK), 24 February 1976, see column 1, lines 64-68; column 2, lines 1-4, lines 20-41; figure 3 ---</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">9, 12-14</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">A</td> <td>DE, A, 2836403 (KOCH), 28 February 1980, see page 8, lines 4-14; figures 3, 15 -----</td> <td style="text-align: center; vertical-align: top;">12-14</td> </tr> </table>			Category ⁶	Citation of Document, ¹⁵ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No. ¹⁸	A	US, A, 3939751 (R.J. HARASEK), 24 February 1976, see column 1, lines 64-68; column 2, lines 1-4, lines 20-41; figure 3 ---	9, 12-14	A	DE, A, 2836403 (KOCH), 28 February 1980, see page 8, lines 4-14; figures 3, 15 -----	12-14
Category ⁶	Citation of Document, ¹⁵ with indication, where appropriate, of the relevant passages ¹⁷	Relevant to Claim No. ¹⁸									
A	US, A, 3939751 (R.J. HARASEK), 24 February 1976, see column 1, lines 64-68; column 2, lines 1-4, lines 20-41; figure 3 ---	9, 12-14									
A	DE, A, 2836403 (KOCH), 28 February 1980, see page 8, lines 4-14; figures 3, 15 -----	12-14									
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>¹⁶ Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p> </div> </div>											
IV. CERTIFICATION <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of the Actual Completion of the International Search ² 16 May 1984 (16.05.84) </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Date of Mailing of this International Search Report ³ 25 June 1984 (25.06.84) </td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> International Searching Authority ¹ European Patent Office </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> Signature of Authorized Officer ¹⁰ </td> </tr> </table>			Date of the Actual Completion of the International Search ² 16 May 1984 (16.05.84)	Date of Mailing of this International Search Report ³ 25 June 1984 (25.06.84)	International Searching Authority ¹ European Patent Office	Signature of Authorized Officer ¹⁰ 					
Date of the Actual Completion of the International Search ² 16 May 1984 (16.05.84)	Date of Mailing of this International Search Report ³ 25 June 1984 (25.06.84)										
International Searching Authority ¹ European Patent Office	Signature of Authorized Officer ¹⁰ 										

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON

INTERNATIONAL APPLICATION NO. PCT/FR 84/00030 (SA 6525)

This Annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 14/06/84

The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A- 3939751	24/02/76	DE-A- 2539166 JP-A- 51056616	25/03/76 18/05/76

DE-A- 2836403	28/02/80	None	

For more details about this annex :
see Official Journal of the European Patent Office, No. 12/82

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale N° PCT/FR 84/00030

I. CLASSEMENT DE L'INVENTION (si plusieurs symboles de classification sont applicables, les indiquer tous) ³		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB CIB. ³ : G 10 H 1/00		
II. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTÉ		
Documentation minimale consultée ⁴		
Système de classification	Symboles de classification	
CIB. ³ :	G 10 H; G 21 K; G 21 B	
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où de tels documents font partie des domaines sur lesquels la recherche a porté ⁵		
III. DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS ¹⁴		
Catégorie *	Identification des documents cités, ¹⁶ avec indication, si nécessaire, des passages pertinents ¹⁷	N° des revendications visées ¹⁸
A	US, A, 3939751 (R.J. HARASEK) 24 février 1976, voir colonne 1, lignes 64-68; colonne 2, lignes 1-4, lignes 20-41; figure 3 --	9,12-14
A	DE, A, 2836403 (KOCH) 28 février 1980, voir page 8, lignes 4-14; figures 3,15 -----	12-14
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p>¹⁶ Catégories spéciales de documents cités:</p> <p>« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent</p> <p>« E » document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date</p> <p>« L » document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée).</p> <p>« O » document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens</p> <p>« P » document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>« T » document ultérieur publié postérieurement à la date de dépôt international ou à la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention</p> <p>« X » document particulièrement pertinent: l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive</p> <p>« Y » document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier.</p> <p>« & » document qui fait partie de la même famille de brevets</p> </div> </div>		
IV. CERTIFICATION		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée ³	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale ³	
16 mai 1984	25 JUIN 1984	
Administration chargée de la recherche internationale ³	Signature du fonctionnaire autorisé ²⁰	
OFFICE EUROPEEN DES BREVETS	G. L. M. Kruysenberg	

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE RELATIF

A LA DEMANDE INTERNATIONALE NO. PCT/FR 84/00030 (SA 6525)

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche international visé ci-dessus. Lesdits membres sont ceux contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 14/06/84

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevets	Date de publication
US-A- 3939751	24/02/76	DE-A- 2539166	25/03/76
		JP-A- 51056616	18/05/76

DE-A- 2836403	28/02/80	Aucun	

Pour tout renseignement concernant cette annexe :
voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No. 12/82